

Aus dem  
Institut für Rechtsmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität München  
(Vorstand: Prof. Dr. med. Wolfgang Eisenmenger) und dem  
Institut für Pathologie, Klinikum München-Bogenhausen  
(Leiter: Prof. Dr. med. Andreas Nerlich)

## **Paläopathologisch-anthropologische und molekulare Untersuchungen an mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bevölkerungsgruppen**

**Ernährung und Gesundheitszustand süd- und nordbayerischer  
Bevölkerungsstichproben**



Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie an der  
Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Sandra Lösch  
aus  
Erlangen  
2009

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Andreas Nerlich

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Roland Dürr

Priv. Doz. Dr. Josef M. Schmidt

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 24.03.2009

Dankenswerterweise wurden Teile der vorliegenden Arbeit durch ein  
Begabtenstipendium der Ludwig-Maximilians-Universität München  
gefördert.

Die Messung der Proben wurde freundlicherweise von der Volkswagen-  
Stiftung finanziert.

Titelbild: Der Tod raubt ein Kind (Stefano della Bella, 1610-1664), Staatliche Museen zu Berlin,  
Kupferstichkabinett.



Bill Watterson, *Calvin and Hobbes*: „There's Treasure everywhere“ (1996)





# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1) Allgemeine Vorbetrachtungen.....	2
1.2) Kurze Einführung zum Mittelalter.....	4
1.2.1) Bäuerliches Leben.....	4
1.2.2) Natur, Umwelt und Bevölkerung.....	4
1.2.3) Organisation des täglichen Lebens - Klöster und Mönche.....	5
1.2.4) Mittelalterliche Friedhöfe.....	6
1.3) Kurze Einführung zur frühen Neuzeit.....	7
1.4) Biogene Informationsquelle „Knochen und Zähne“.....	8
1.4.1) Geschlecht und Alter am Skelett.....	8
1.4.2) Paläopathologie.....	9
1.4.3) Epigenetische Merkmale.....	17
1.4.4) Zuwachsringe im Zahnzement (TCA).....	18
1.4.5) Molekularpathologische Untersuchungen.....	19
1.4.6) Stabile Isotope.....	21
1.5) Kreisläufe in Ökosystemen.....	35
1.5.1) Der Kohlenstoffkreislauf.....	35
1.5.2) Der Stickstoffkreislauf.....	37
1.5.3) Der Wasserkreislauf.....	39
2. Fragestellungen und Ziel der Arbeit.....	41
2.1) Rekonstruktion einer mittelalterlichen Bevölkerung anhand des Fundmaterials vom Petersberg bei Flintsbach am Inn.....	41
2.2) Untersuchung von frühneuzeitlichen Bestattungen in der Krypta von St. Michael, Sulzbürg, Oberpfalz.....	44
3. Material.....	45
3.1) Der Petersberg.....	45
3.1.1) Geographische Lage und Topographie des Petersberges.....	45
3.1.2) Ausgrabung und archäologischer Forschungsstand.....	47
3.1.3) Bearbeitung der Tierknochen.....	53
3.1.4) Historische Überlieferungen.....	58
3.1.5) Zeitstellung.....	61
3.2.) Die Wolfsteiner aus Sulzbürg.....	63
3.2.1) Die Kirche Sankt Michael in Sulzbürg und die Fürstengruft.....	64
3.2.2) Die Familie der Wolfsteiner.....	66
4. Methoden.....	70
4.1) Morphologische Untersuchung.....	70
4.1.1) Bestimmung des Geschlechts.....	71
4.1.2) Bestimmung des Sterbealters.....	78
4.1.3) Körperhöhe und Indizes.....	83
4.1.4) Zahnstatus.....	86
4.1.5) Paläopathologische Untersuchungen.....	86
4.1.6) Epigenetische Merkmale.....	88

4.2) Histologie.....	91
4.2.1) Herstellung der Präparate.....	91
4.2.2) Mikroskopie und Bildbearbeitung.....	92
4.2.3) Auszählen der Ringe.....	93
4.3) Kollagen-Gelatine-Extraktion.....	94
4.4) Aminosäureanalyse.....	95
4.5) Extraktion des anorganischen Knochenanteils.....	98
4.6) Der Kollagengehalt und der anorganische Knochenanteil.....	99
4.7) Massenspektrometrie.....	99
4.7.1) C und N in organischem Material.....	101
4.7.2) C und O in anorganischem Material.....	102
4.8) Molekulargenetische Untersuchungen.....	104
4.8.1) DNA-Extraktion.....	104
4.8.2) Amplifikation menschlicher DNA.....	106
4.8.3) Amplifikation mykobakterieller DNA.....	107
4.8.4) Gelelektrophorese.....	108
4.8.5) Restriktionsenzymverdau.....	108
5. Ergebnisse – Petersberg.....	109
5.1) Morphologisch-anthropologische Untersuchung.....	109
5.1.1) Minimale Individuenanzahl.....	109
5.1.2) Geschlechterverteilung.....	111
5.1.3) Sterbealtersverteilung/ Zahnzementanalyse (TCA).....	115
5.1.4) Körperhöhe und Indizes.....	134
5.1.5) Epigenetische Merkmale.....	146
5.2) Paläopathologie.....	152
5.2.1) Karies und intra vitaler Zahnverlust.....	152
5.2.2) Knochenfrakturen am Schädel.....	158
5.2.3) Knochenfrakturen des postcranialen Skelettes.....	162
5.2.4) Cribra orbitalia und porotische Hyperostosen des Schädeldaches.....	164
5.3) Molekularbiologische Untersuchungen.....	168
5.3.1) Amplifikation humaner DNA.....	170
5.3.2) Amplifikation mykobakterieller DNA.....	171
5.3.3) Restriktionsenzymverdau.....	172
5.4) Kollagenanalyse.....	173
5.4.1) Quantitative Daten des menschlichen und tierischen Kollagens.....	174
5.4.2) Aminosäureanalyse.....	179
5.4.3) Untersuchung stabiler Isotope am Knochenkollagen.....	183
5.5) Isotopenuntersuchungen in Karbonatextrakten.....	198
5.5.1) Karbonatausbeute an menschlichen und tierischen Knochen.....	198
5.5.2) Stabile Isotope im Knochenkarbonat.....	203
6. Ergebnisse – Wolfsteiner.....	223
6.1) Morphologisch-anthropologische Untersuchung.....	223
6.1.1) Individuenanzahl.....	223
6.1.2) Geschlechts- und Altersverteilung.....	225
6.1.3) Körperhöhe und weitere physische Merkmale.....	225
6.1.4) Paläopathologische Befunde.....	226

6.2) Molekularbiologische Untersuchung.....	231
6.2.1) Amplifikation humaner DNA.....	232
6.2.2) Amplifikation mykobakterieller DNA.....	233
6.3) Untersuchung stabiler Isotope an humanem Material aus Sulzbürg.....	235
7.Diskussion.....	238
7.1) Morphologische Untersuchung.....	238
7.1.1) Individuenanzahl.....	238
7.1.2) Geschlechterverteilung.....	240
7.1.3) Altersverteilung.....	247
7.1.4) Körperhöhe und Indices.....	255
7.1.5) Epigenetische Merkmale.....	260
7.1.6) Paläopathologie.....	263
7.2) Molekularbiologische Untersuchung.....	275
7.2.1) Amplifikation humaner DNA.....	275
7.2.2) Amplifikation mykobakterieller DNA und Restriktionsenzymverdau.....	275
7.3) Validität des Kollagens und der Messung der stabilen Isotope.....	278
7.3.1) Quantitative Auswertung der Kollagenanalyse.....	278
7.3.2) Aminosäureanalyse.....	281
7.3.3) Qualitative Auswertung der Kollagenanalyse.....	283
7.3.4) Quantitative Auswertung der Karbonat-Extraktion.....	286
7.4) Ernährung (stabile Kohlenstoff- und Stickstoff-Isotope).....	289
7.4.1) Das Friedhofskollektiv vom Petersberg.....	289
7.4.2) Die Fürstenbestattungen aus Sulzbürg.....	301
7.4.3) Nahrungsnetz.....	303
7.5) Wassereinzugsgebiet (stabile Sauerstoff-Isotope).....	308
7.5.1) Das Petersberger Friedhofskollektiv.....	311
7.5.2) Die Fürstenbestattungen aus Sulzbürg.....	315
7.5.3) Nahrungsnetz.....	315
8.Zusammenfassung.....	317
9.Bibliographie.....	322
10.Anhang.....	340
11.Danksagung.....	362
12.Publikationen.....	363
13.Erklärung.....	367
14.Curriculum Vitae.....	368

## 1. Einleitung

Ein wesentliches Ziel der Geschichtsforschung ist die Rekonstruktion vergangener Kulturen. In erster Linie stützt sie sich dabei auf schriftliche Aufzeichnungen, überlieferte Berichte und erhalten gebliebene Gegenstände und Bauten, um eine Aussage über das damalige Leben und geschichtlich relevante Zusammenhänge treffen zu können. Ein zentraler Gesichtspunkt ist in diesem Rahmen die Rekonstruktion der Lebensumstände historischer Populationen. Für die Bewertung von Leben und Leiden damaliger Bevölkerungen wurden bislang meist die oben genannten indirekten Informationsquellen benutzt (Nerlich & Zink 2001). Diese sind jedoch erheblicher Auslegung und Deutung unterworfen; es ist außerdem zu berücksichtigen, dass schon in geschichtlicher Zeit gewollt oder ungewollt Änderungen und Ergänzungen der Daten und/oder Informationsträger erfolgt sein können. Folglich sind diese Quellen unsicher, oft auch nicht eindeutig. Dementsprechend sind zahlreiche Erkenntnisse über das Leben früherer Populationen und Kulturen oft mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Über die genauen Lebensumstände mancher historischer Bevölkerungen gibt es lediglich rudimentäre oder wenig Kenntnisse (Zink 2003).

Die Untersuchung menschlicher Überreste stellt demgegenüber eine direkte naturwissenschaftliche Informationsquelle dar, die als authentisch gilt und allen weiteren wissenschaftlichen Überlegungen zugrunde liegen muss. Mit dem methodischen Fortschritt stehen neue Quellengattungen zur Verfügung, die auf Abgleich mit den archäologisch-historischen Daten drängen. So kann mittels naturwissenschaftlicher Untersuchung menschlicher Überreste eine empirische Brücke zu den Geisteswissenschaften geschlagen werden.

### **1.1) Allgemeine Vorbetrachtungen**

Die steigende Beachtung multivarianter ökologischer Zusammenhänge in den Naturwissenschaften, die auch in den historischen Wissenschaften das Bewusstsein geschärft hat, die Mensch-Umwelt-Beziehung als komplexes System gegenseitiger Wechselwirkung zu verstehen, führte zur Entstehung einer neuen Forschungsrichtung (Meier 2002). Unter dem Begriff *environmental archaeology* hat sich vor allem in den letzten Jahren in englischsprachigen Ländern diese neue Teildisziplin der Archäologie entwickelt. Sie greift weit über die klassischen Fragestellungen und Methoden der Archäologie hinaus und untersucht in hochgradig interdisziplinärem Verbund die wechselseitige Beeinflussung menschlicher Gesellschaften und ihrer natürlichen Umwelt (Dincauze 2000). Einerseits zeigt sich nun die Abhängigkeit einzelner Individuen, sozialer Gruppen und ganzer Gesellschaften von den jeweiligen Umweltbedingungen (Ingold 2000), andererseits entwickelt sich ein besseres Verständnis, wie der Mensch spätestens seit der Sesshaftwerdung im Neolithikum seine Umwelt aktiv und massiv selbst gestaltete (Küster 1995, Küster 1998).

Mehrere interdisziplinäre Untersuchungen von Archäologie und Naturwissenschaften wurden, vor allem im nördlichen Deutschland, bereits durchgeführt. Sie zielen primär auf die Mensch-Umwelt-Wechselwirkung und die anthropogene Landschaftsgenese. Insbesondere sind hier die Arbeiten des „Niedersächsischen Instituts für Historische Küstenforschung“ mit dem DFG- Langzeitprogramm „Siedlungskammer Flögel“ und das DFG-Schwerpunktprogramm „Vor- und frühgeschichtliche Besiedlung des Nordseeraumes“ (Jankuhn et al. 1984, Kossack et al. 1984) zu nennen. So sind in diesem Rahmen ca. 700 Bestattungen von Gräberfeldern unmittelbar um Haithabu anthropologisch untersucht worden. Hierbei mussten die Forschungen allerdings auf eine demographische Rekonstruktion der Lebendbevölkerung, eine Geschlechtsbestimmung, eine Körperhöhenbestimmung und am Skelett nachweisbare Krankheiten und

Veränderungen beschränkt bleiben. Heute kann die Anthropologie aufgrund eines innovativen Methodenspektrums noch umfangreichere Informationen liefern.

Außerhalb der Bundesrepublik Deutschland ist ein solcher multidisziplinärer Ansatz am Beispiel der Siedlungskammer Kootwijk (Niederlande) vorgeführt worden. Hier gelang es, ein komplexes frühmittelalterliches Wirtschafts- und Sozialgefüge zu rekonstruieren. Da die Siedler trotz veränderter Umweltparameter auf tradierten Wirtschaftsformen beharrten, kam es hier geradezu zwangsläufig zu einer ökologischen Katastrophe, die die Aufgabe der Siedlung erzwang (Groenman van Waateringe & van Wijngaarden Bakker 1987). Ähnlich interdisziplinär und langfristig im Ansatz wurden Untersuchungen zur Geschichte der Umgegend von Ystad in Südschweden durchgeführt (Berglund 1991).

Aufgrund der norddeutschen/ -europäischen Erfahrungen wird ein interdisziplinärer Ansatz inzwischen als unabdingbare Grundlage der Agrar-, Wirtschafts- und Siedlungsgeschichte betrachtet. Für das Projekt Petersberg wurde versucht, die Disziplinen Anthropologie, Agrarökologie, Archäologie, Paläoanatomie, Paläobotanik und Paläopathologie zu vereinen, wobei die Kooperationsbereitschaft von Vertretern einiger Fachrichtungen leider in unterschiedlichem Ausmaß vorhanden war. Meier (2007) schrieb hierzu: „So gilt es, im Versuch einer interdisziplinären Projektzusammenarbeit Definitionen und Konzepte zu entwickeln, welche allen beteiligten Disziplinen gleichermaßen einen methodischen Zugriff auf den Forschungsgegenstand ermöglichen- dass diese Definitionen und Konzepte (beträchtlich) davon abweichen, was im Diskursrahmen jeder einzelnen Disziplinen üblich wäre, bleibt unbenommen und stellt bereits einen wesentlichen Gewinn von Interdisziplinarität dar.“

## **1.2) Kurze Einführung zum Mittelalter**

### **1.2.1) Bäuerliches Leben**

Im Mittelalter war Land Ernährungsquelle und Existenzgrundlage sowohl für die Bauern, die es bearbeiteten, als auch für die Herren, die es besaßen. Die Bauern mussten Überschüsse erwirtschaften, um sich selbst und ihre adeligen und geistlichen Herren zu ernähren. Im Verlauf des Mittelalters musste auch zunehmend die Bevölkerung der Städte über den Markt ernährt werden. Die mittelalterliche Kultur war im Gegensatz zu den Stadtkulturen der Antike eine Agrarkultur (Goetz 1994, Rösener 1991). Im frühen Mittelalter lebten in Europa schätzungsweise mehr als 90% der Bevölkerung auf dem Land, es war folglich die typische Lebensform, selbst wenn sie in historischen Quellen nur wenig Erwähnung findet. Auch die Herren wohnten, von Italien abgesehen, zunächst auf dem Lande. Obwohl es auch eine gewisse Anzahl freier Bauern gab, scheint das System der Grundherrschaft mit seiner Bindung zwischen Herren und Hörigen das typische Sozialgefüge jener Zeit zu sein (Goetz 1994, Rösener 1991).

### **1.2.2) Natur, Umwelt und Bevölkerung**

Schwerwiegende Probleme wegen Bevölkerungsdrucks, Ernährungslage und einer Überbeanspruchung der natürlichen Ressourcen zeigten sich besonders um 1300 AD. Zu dieser Zeit, am Ende der großen Wirtschafts- und Bevölkerungsexpansionen des Hochmittelalters, kam es zu demographischen, ökonomischen und ökologischen Krisensymptomen (Küster 1989, Rösener 1991). Nach einer zweihundertjährigen Rodungsperiode, in der Bauern viele neue Höfe anlegten, um Anbauflächen für dringend benötigtes Getreide zu schaffen, traten bedenkliche Anzeichen von Überbevölkerung, Nahrungsmangel und Umweltschäden auf. Im Mittelalter war jeder Landstrich Mitteleuropas besiedelt und unter den Pflug genommen, auch die höheren Lagen der Mittel- und Hochgebirge (Küster 1989). In einigen Regionen Europas war es bis zum

beginnenden 14. Jahrhundert zu einer so starken Bevölkerungsvermehrung gekommen, dass die natürlichen Ressourcen überlastet waren und das „Ökosystem“ aus den Fugen zu geraten drohte (Küster 1989, Rösener 1991). Eine Verschlechterung des Klimas führte außerdem zu überregionalen Teuerungen und Hungersnöten. Zu diesen zunehmend bedrohlicheren Lebensbedingungen kamen schwere Seuchenzüge wie der „schwarze Tod“, die mittelalterliche Pest, die aber als nur ein Vertreter dieser Krankheiten anzusehen ist. Ein Wechselspiel zwischen Klimaänderungen, Einschränkungen der Ernährungslage und Infektionskrankheiten dürfte zu einer gegenseitigen Potenzierung der Effekte auf die Lebensumstände und das Überleben der Bevölkerung geführt haben. Die Hungersnot von 1309 bis 1317 AD hatte beispielsweise die Krise noch zugespitzt, als die aus dem asiatischen Raum nach Europa eingeschleppte Pest in den Jahren von 1348 AD (und folgenden) eine demographische Katastrophe herbeiführte. Schätzungen gehen davon aus, dass die Pest in mehreren Seuchenzügen die Bevölkerung um durchschnittlich 40%, lokal sogar bis zu 70%, reduzierte (Grupe 1987, Vasold 1999, Wilderotter 1995, Winkle 1997). Die Bevölkerungszahlen blieben bis in das 15. Jahrhundert niedrig, dann begann die Bevölkerung in einer Phase der raschen Rekonvaleszenz wieder zu wachsen.

### **1.2.3) Organisation des täglichen Lebens - Klöster und Mönche**

Das Klosterleben bildet die wichtigste, stets auf die übrige Gesellschaft wirkende Form des religiösen Lebens im Mittelalter. Ursprünglich als laikale Lebensform bewusst von der Amtskirche getrennt, wurde das Mönchtum später Bestandteil der Kirche. Die Bedeutung des Mönchtums zeigt sich in der großen Zahl der Mönche und Klöster, es war offenbar eine voll in das gesellschaftliche Leben integrierte Einrichtung. Dass sich eine Gesellschaft im Mittelalter, die große Ernährungsprobleme hatte, so viele Mönche leistete, die selbst wenig produzieren und somit zusätzlich ernährt werden mussten, unterstreicht die Bedeutung des Mönchtums. Grund hierfür war unter anderem die „Fürbitte“, das Gebet für andere, das der Mönch leistete; er genoss hohes Ansehen, das Mönchtum galt als die



vollkommenste Lebensform überhaupt (Goetz 1994). Der Einfluss der Klöster und ihrer Äbte auf das religiöse, kulturelle, wirtschaftliche und politische Leben war entsprechend groß, während ein Kloster selbst eine nahezu autarke Einheit bildete. Lange Zeit waren Klöster zudem die wichtigsten Bildungsinstitute, ihre Rolle überschritt hier eindeutig den Bereich des Religiösen. Mittelalterliches Mönchtum war aufgrund der typischen Verschmelzung von Weltlichem und Geistlichem gewissermaßen das Herrenleben in seiner religiösen Ausprägung. Darin liegt ein wichtiger Grund für seinen Erfolg, dennoch widersprach der weltliche Aspekt oft dem religiösen Ziel und führte immer wieder zu Konflikten (Goetz 1994).

### **1.2.4) Mittelalterliche Friedhöfe**

Der Gemeinschaft der Toten ist in den meisten Kulturen ein eigener Ort vorbehalten. Im Deutschen wird er „Friedhof“ genannt, in Süd- und Südostdeutschland als „Gottesacker“ bezeichnet, entsprechend dem italienischen *camposanto* (heiliges Feld). Er bezeichnet einen umfriedeten, unter erhöhten Rechtsschutz gestellten Raum (Ohler 1993). Seit ca. 700 AD wurden im alemannischen Raum die Toten nicht mehr in Reihengräbern bestattet, die Beisetzung war stattdessen eng mit der Kirche verbunden. Herr und Herrin sowie deren Kinder wurden in der Kirche, Angehörige der Familie im weiteren Sinn (Gesinde und Hörige) im Hof der Kirche beigesetzt (Ohler 1993). Die Position eines Grabes kann im Idealfall Rückschlüsse auf die Stellung erlauben, die der Verstorbene in der Gesellschaft eingenommen hatte.

### ***1.3) Kurze Einführung zur frühen Neuzeit***

Der Übergang vom Mittelalter in die frühe Neuzeit wird meist auf das Ende des 15. Jahrhunderts datiert; die so genannte Entdeckung Amerikas, die Rückeroberung der letzten muslimischen Einflussgebiete in Europa und die Vertreibung der letzten Kreuzfahrer aus Palästina gelten als Schwellenereignisse. Inwiefern aber änderte sich in dieser Zeit das Leben der drei immer noch maßgeblichen Stände in Mitteleuropa, den Bauern, dem Klerus und dem Adel? Das wichtigste politische Ereignis war wohl die Spaltung der Kirche in Katholiken und Protestanten (van Dülmen 1999b). Im Heiligen Römischen Reich deutscher Nation entstand die neue Form des Territorialstaates, in dem sich der jeweilige Herrscher nicht mehr nur als Vasall des Königs, sondern als eigenständiger Souverän betrachtete, der größerem Einfluss auf seinen Besitz ausüben konnte. Die Idee der Ständegesellschaft blieb erhalten: Während der Klerus die offizielle Sichtweise der Welt definierte und der Adel für den Schutz der Menschen zuständig war, musste der Nährstand, der Bauern und Bürger umfasste, die Ernährung der erstgenannten garantieren (van Dülmen 1999a). Die zunehmende Hierarchisierung der frühneuzeitlichen Ständegesellschaft hatte zur Folge, dass die sozialen Gruppen innerhalb der Stände immer mehr um die ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen konkurrierten. Innerhalb dieses Konkurrenzkampfes konnte es so zu Verbesserungen, aber auch Verschlechterungen der Lebensumstände einzelner Individuen, Familien oder ganzer sozialer Gruppen kommen.

## **1.4) Biogene Informationsquelle „Knochen und Zähne“**

Als biogene Informationsquelle dienen naturgemäß die körperlichen Relikte des anatomisch modernen Menschen. Im Gegensatz zu intentioneller oder natürlicher Mumifikation bei Erhalt von Teilen des Weichteilgewebes und innerer Organe liegen im mitteleuropäischen Kulturraum meist nur Knochen und Zähne (mineralisiertes Hartgewebe) vor, die bei archäologischen Ausgrabungen zu Tage gefördert werden. Ziel der Untersuchungen am Skelettmaterial ist es, eine Aussage über Lebensumstände und spezifische Krankheiten von Menschen früherer Zeiten treffen zu können (Herrmann et al. 1990). Das Skelettkollektiv als Population stellt die Einheit für eine Charakterisierung von Lebensweise, Verhaltensmuster, Krankheit und deren Bewältigung, soziale Interaktion und Umweltbeziehung dar, die jeweils im Kontext des zeitgenössischen Kulturkreises zu sehen ist (Grupe et al. 2005).

### **1.4.1) Geschlecht und Alter am Skelett**

Die zwei grundlegenden biologischen Informationen über ein Individuum sind das Geschlecht und das Alter. Die Geschlechtsdiagnose am Skelett beruht auf der Bewertung des Geschlechtsdimorphismus von Form- und Größenmerkmalen am Knochen (Ferembach et al. 1979, Sjøvold 1988). Der Ausprägungsgrad dieser Merkmale unterliegt einer Variabilität. Sie kann Populationen, die räumlich und/oder zeitlich getrennt sind sowie beide Geschlechter betreffen (Herrmann et al. 1990). Folglich ist es bei der morphologischen Geschlechtsdiagnose essentiell, sich vorab einen Überblick über die Variabilität der geschlechtstypischen Merkmale innerhalb der zu bearbeitenden Skelettserie zu verschaffen.

Die morphologische Altersdiagnose erfolgt über den Vergleich eines oder mehrerer Altersindikatoren am Skelettmaterial mit den entsprechenden Werten einer

Referenzpopulation (Ferembach et al. 1979, Szilvassy 1988). Zu beachten ist hierbei, dass es sich um das biologische Alter eines Individuums handelt, welches von mehreren Faktoren beeinflusst wird. Geschwindigkeitsunterschiede von Wachstum und Reife spielen hier ebenso eine Rolle wie externe Faktoren wie Umweltbedingungen, Ernährung, Arbeitsbelastung oder Krankheit. Das Skelettalter stimmt folglich nur annähernd mit dem chronologischen Alter überein (Herrmann et al. 1990).

### **1.4.2) Paläopathologie**

Formabweichungen und Veränderungen in der Beschaffenheit von menschlichen Überresten können auf ein spezifisches Krankheitsgeschehen und/oder eine Verletzung hinweisen. Bei der Untersuchung von Pathologien historischer und prähistorischer Individuen müssen dekompositionsbedingte Veränderungen sowie Substanzverluste durch Handhabung, Lagerung und Grabungsartefakte strikt abgegrenzt werden. Obwohl naturgemäß die Möglichkeiten der paläopathologischen Diagnostik hinter denen einer aktuellen klinischen Diagnostik zurückbleiben müssen, können bei entsprechend sorgfältiger Bearbeitung und unter Berücksichtigung der spezifischen Pathophysiologie von Erkrankungen oft überraschend präzise paläopathologische Diagnosen gestellt werden (Nerlich et al. 1997a, Nerlich et al. 1997b, Nerlich et al. 2003, Schultz et al. 2007, Zink et al. 1999, Zink et al. 2001). Die Paläopathologie ist in noch stärkerem Umfang als die anthropologische Diagnostik vom Erhaltungsgrad der menschlichen Überreste abhängig, bei der klinischen Diagnose kann dagegen auf die Befragung des Patienten, diverse Laborwerte, Daten und zahlreiche Methoden der Strukturabbildung zurückgegriffen werden (Herrmann et al. 1990). Im Folgenden werden paläopathologische Aspekte aufgeführt, die in der vorliegenden Studie untersucht wurden.

### Zahnkaries

Die Zahnkaries (*Caries dentium*) ist eine alte und weit verbreitete Krankheit, die eine wesentliche Beeinträchtigung des täglichen Lebens darstellt. Sie verursacht Schmerzen, ohne Behandlung des betroffenen Zahnes verliert dieser früher oder später seine Funktion im Kauapparat und fällt aus. Entzündliche Prozesse am Apex des Zahnes können die Folge sein, was über einen lokalisierten Abszess bis hin zu einer generalisierten Entzündung (Sepsis) führen kann. Insbesondere bei historischen Populationen kann dies in Einzelfällen zum Tod geführt haben (Graw et al. 2008). Zahnkaries wurde schon bei frühen Hominiden nachgewiesen, zum Beispiel bei *Australopithecinen* aus Südafrika (Robinson 1952 in Bennike 1985) und *Homo erectus* aus Java (Brodrick 1948 in Caselitz 1998). Doch auch rezente Menschenaffen (Schultz 1967) und mit *Streptococcus mutans* infizierte domestizierte Tiere (Caselitz 1998) können von Zahnkaries befallen werden. Als wissenschaftlich fundiert gilt die Erkenntnis, dass die Zahnkaries im Zuge der „neolithischen Revolution“ signifikant zunahm, als der Anteil an Kohlehydraten in der Nahrung anstieg. Weitere wichtige Faktoren für die Häufung der Zahnkaries in Europa waren der Import von Zucker aus amerikanischem Zuckerrohr ab dem 16. Jahrhundert, die Gewinnung von Zucker aus Zuckerrüben ab 1753 AD und die Verbreitung der Kartoffel in der europäischen Nahrung im 17. und 18. Jahrhundert (Caselitz 1998).

Zahnkaries greift zuerst den Zahnschmelz an (*Enamelum*), dann das Dentin (*Dentinum*) oder bei frei liegendem Zahnhals das Zahnzement (*Cementum*). Wenn sie nicht behandelt wird, dringt sie bis zur Pulpahöhle (*Cavitas dentis*) vor, welche mit Zahnmark (*Pulpa dentis*) ausgefüllt ist. Dies führt meist zu einem Totalverlust des betroffenen Zahnes. Zur Bildung von Zahnkaries sind immer Bakterien (*Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Staphylococcus albus*) nötig, mit denen sich der Mensch vorher infizieren muss. Sie bilden aus Kohlehydraten Milchsäure, die den Zahn angreift. Da niedermolekulare Kohlehydrate (Zucker) besonders schnell abgebaut werden, wird durch sie besonders viel und schnell

Milchsäure produziert. Der Hydroxylapatit des Schmelzes und des Dentins wird durch das saure Milieu demineralisiert, die organische Komponente des Dentins kann nachfolgend proteolytisch degradiert werden (Bennike 1985). Neben dem Einfluss der Nahrung beeinflussen weitere Faktoren wie genetische Komponenten, Speichelzusammensetzung, die Zusammensetzung des Zahnminerals und Mundhygiene die Zahnkaries (Caselitz 1998).

### *Knochenfrakturen*

Verletzungen am Knochen können bereits an archäologischem Material, das aus dem Beginn der Menschheitsgeschichte datiert, nachgewiesen werden. Schädelverletzungen an prähistorischem Material wie zum Beispiel bei *Homo erectus pekinensis* (Funde in Zhoukoudian) und bei *Homo (Pithecanthropus) erectus* aus Java sind beschrieben. Bei *Homo neanderthalensis* und bei Cro-Magnon Schädeln aus dem Jungpaläolithikum sind ebenfalls Verletzungen am Schädel festgestellt worden (Courville 1967). Ein bedeutender Fund mit Hinweisen auf Gewalteinwirkung sind die „Schädelnester“ der Kleinen Ofnethöhle aus dem bayerischen Mesolithikum (Mollison 1936).

Gewalteinwirkung am (prä)historischen Knochen muss nicht immer einen kriegerischen Hintergrund haben, andere Möglichkeiten sind persönliche (private) Auseinandersetzungen und Unfälle. Das Alltagsleben und die Arbeitswelt wiesen außerdem zahlreiche Risiken auf, wobei Verletzungen durch Stürze und Quetschungen verursacht werden konnten (Herrmann et al. 1990). Bestimmte Traumata am Knochen, sind für bestimmte Verletzungssituationen charakteristisch. Die *Colles-* Fraktur am *distalen Radius-* und *Ulna-* Ende entsteht meist beim Abstützen während eines Sturzes. Am Bein hingegen kann ein Sturz aus großer Höhe zu einer *Kompressionsfraktur* des *Femurhalses* führen, ebenso kann es auch zu einer *Kompressionsfraktur* der Wirbelkörper kommen. Eine *Serienfraktur* der Rippen ist meist auf einen frontalen Aufprall oder eine massive

Gewalteinwirkung von vorne oder der Seite zurückzuführen. Bei einer Drehbewegung des Körpers mit festgestelltem Fuß kann ein *Spiralbruch* der *distalen Tibia* entstehen. Bei Schädelverletzungen kann die „Hutkrempe nregel“ herangezogen werden, die besagt, dass Frakturen im Bereich des Hutkrempe n niveaus und darunter eher einem Sturz, Frakturen oberhalb eher einem Schlag zugeordnet werden können. Für eine Abwehrhaltung steht die *Parierfraktur*, ein Querbruch der *Ulna-* und/oder der *Radiusdiaphyse*, bei der der Arm bei einem Angriff schützend vor das Gesicht gehalten wurde (Herrmann et al. 1990). Bei schweren Traumata, die nicht unmittelbar zum Tode führten sondern eine Heilreaktion am Knochen erkennen lassen, kann man eventuell von „medizinischer“ Behandlung in historischem Sinne und sozialer Fürsorge ausgehen.

Eine Knochenfraktur ist eine vollständige oder unvollständige Kontinuitätstrennung des Knochens, die durch direkte oder indirekte Gewalteinwirkung zustande kommt. Man unterscheidet eine *traumatische Fraktur* (Momentanbruch) von einer *Dauerfraktur* (Ermüdungsfraktur, Stressfraktur, Spontanfraktur I) und einer *pathologischen Fraktur* (Spontanfraktur II) (Adler 1998). Bei Verletzungsursachen, die an historischem Material diagnostiziert werden können, haben akute mechanische Einwirkungen mit Folgen für den Knochen eine große Bedeutung. Hierbei treten charakteristische Gewebsschädigungen auf, die durch unterschiedliche Gewaltarten hervorgerufen werden: Scharfe Gewalt (Klingen von Schwert und Messer, auch Pfeile), halbscharfe Gewalt (Kanten von Axt, Säge, Speer, auch Tierbisse) und stumpfe Gewalt (Flächen von Stein, Keule, auch Sturz). Am Schädel bilden sich dabei typische knöcherne Verletzungsmuster aus, die eine Aussage über die einwirkende Verletzungsursache erlauben (Madea & Dettmeyer 2007). So führt eine spitze Waffe (zum Beispiel Pfeil) zu einem „Eindrücken“ des Schädelknochens mit spinnwebartiger Springfraktur der umliegenden Kalotte, wobei diese auch perforiert werden kann. Eine plane Waffe, die mit hoher Gewalt auf eine Kalotte trifft, führt zu einem lochartigen Defekt, der nach innen zu einer trichterartigen Erweiterung bildet (Einschuss). Der Ausschussbereich ist durch eine trichterförmige

Erweiterung des knöchernen Defektkanales nach außen gekennzeichnet. Wird eine plane Waffe mit geringer Gewalt gegen eine Schädelkalotte geführt so kommt es zu terrassenartigen Einbrüchen des Knochens, wobei die Größe des Defektes und die Anordnung der „Terrasse“ Hinweise auf die Tatwaffe und die geführte Richtung des Schlages geben. Eine sorgfältige Erhebung von Knochendefekten am Schädel kann folglich wichtige Informationen über Art und Ausmaß der Gewalt, den Tatablauf und die Dauer des Überlebens (je nach knöcherner Reaktion) liefern.

#### *Cribra orbitalia und porotische Hyperostosen des Schädeldaches*

In der deutschsprachigen Literatur wurde der Begriff *Cribra orbitalia* mit der Beschreibung von Porositäten am Orbitadach von Welcker (1888) eingeführt. Im angelsächsischen Sprachraum spricht man von *porotic hyperostosis*, wobei hier oft die Auflagerungen des Schädeldaches miteinbezogen werden (Angel 1966, El-Najjar et al. 1975). Tatsächlich treten Hyperostosen des Schädeldaches meist in Verbindung mit *Cribra orbitalia* auf, wobei die Hyperostose des Orbitadaches oft als isoliertes Merkmal erscheinen kann (Stuart-Macadam 1989). Das makroskopische Erscheinungsbild der *Cribra orbitalia* und der porotischen Hyperostose auf der äußeren Platte (*Tabula externa*) des Schädels wird überwiegend mit einem chronisch-anämischen Zustand begründet. Die Folge des gesteigerten Bedarfs an Erythrozyten führt zu einer Hypertrophie des blutbildenden Knochenmarks in der *Diploe* des Schädeldaches (Schutkowski & Grupe 1997). Aufgrund dieses raumfordernden Prozesses des roten Blutmarks kann an den dünnen Orbitadächern eine Druckatropie hervorgerufen werden (Grupe 1995b), welche aufgrund der typischen porotischen Struktur diagnostiziert werden kann. Auf der *Tabula externa* treten feine poröse Löcher auf, die ebenfalls durch die Hypertrophie der *Diploeräume* infolge einer Überaktivität des roten Knochenmarks verursacht werden.



Porotische Hyperostosen lassen sich deutlich von anderen „Krankheitsmarkern“ am Schädel unterscheiden, zum Beispiel von *Osteomyelitis*, denn hier ist kein entzündlicher Herd am Knochen zu erkennen (Trelliso Carreno 1996). Dieser chronisch-anämische Zustand findet in der Literatur mehrere Erklärungsansätze. Janssens (1981) geht von Folsäuremangel aus, Bennike (1985) und Ortner & Putschar (1985) sprechen von Eisenmangel. Grupe (1995b) stellte mittels Analyse des Aminosäureprofils von Knochenkollagen Typ I die These auf, dass *Cribra orbitalia* eine von Vitamin C abhängige Erkrankung sein kann. Zum aktuellen Zeitpunkt wird nicht mehr von einer rein ernährungsbedingten Mangelerscheinung als Ursache der *Cribra orbitalia* ausgegangen (Bennike 1985), auch über eine mögliche Folgeerscheinung chronischer Erkrankungen (Hengen 1971) wie zum Beispiel Infektionen oder Parasitenbefall (Reinhard 1988) muss diskutiert werden. Es hat sich in den letzten Jahren zunehmend erwiesen, dass die Entstehung einer Anämie von vielen Faktoren abhängig ist (Facchini et al. 2004, Keenleyside & Panayotova 2006, Kreutz 1997). Ein Vitamin C-Mangel wirkt sich zum Beispiel negativ auf die Eisenresorption aus, während sich gleichzeitig das Infektionsrisiko erhöht. Eine chronisch verlaufende Infektion kann wiederum zu einer Anämie führen. Das Symptom der *Cribra orbitalia* scheint gut geeignet, um die Gesamtbelastung einer historischen Population zu studieren (Zink 1999), gerade weil der chronisch-anämische Zustand ein Zusammenspiel von Ernährungssituation, Veranlagung und Krankheit widerspiegelt.

### *Osteopenie und Knocheneubildung an platten Knochen und langen Röhrenknochen*

Neben der mehr oder weniger isolierten Porose der Orbitae und/oder der Schädelkalotte zeigen sich metabolische Störungen des Knochens auch durch einen Mangel an Knochen oder eine (pathologische) Knocheneubildung. Ein Mangel an Knochensubstanz (Osteopenie) kann vielfältige Ursachen haben. In Populationen mit hoher Lebenserwartung ist eine Osteopenie zumeist Folge einer altersbedingten Osteoporose,

die infolge eines natürlichen oder vorzeitigen Nachlassens der Osteoblastenfunktion zu einem progressiv-schleichenden Verlust an Knochenmasse führt. In Populationen von jüngeren Individuen – was bei historischen Bevölkerungen meist der Fall ist – hingegen sind es krankhafte metabolische Störungen, die zu einem Knochenmangel führen. Bei der Ostomalazie wird beispielsweise durch Mangel an Vitamin D zu wenig Knochen mineralisiert; die Gesamtknochenmasse ist also weitgehend normal, der mineralisierte Anteil hingegen zu gering. Ursachen der hier zugrunde liegenden Vitamin-D-Mangelsituation können Störungen bei der Aufnahme (Resorption und Assimilation von Vitamin D-Vorläufern), mangelhafte Umwandlungen von Vitamin-D-Vorstufen (zum Beispiel bei zu geringer Licht-UV-Bestrahlung der Haut, die zu einer nicht-enzymatischen Umwandlung von Pro-Vitamin D zu Vitamin D führt) oder Nieren- und/oder Leberinsuffizienzen (fehlerhafter Vitamin-D-Stoffwechsel) sein. In historischen Bevölkerungen sind häufig Infektionskrankheiten des Intestinums (zum Beispiel Darmbefall durch Würmer und Parasiten) die Ursache (Nerlich et al. 2000), in rezenten Bevölkerungen hingegen oft Mangel- und Fehlernährung, etwa bei Alkoholismus.

Eine pathologische Knochenneubildung außerhalb eines Traumabereiches ist oft als feine flächige oder zwiebelschalenartige Knochenauflagerung an platten und langen Röhrenknochen zu finden. Dies ist ein Zeichen für Vitamin C-Mangel (klinisch Skorbut mit subperiostalen gelenknahen Blutungen) und muss differentialdiagnostisch von entzündlichen Knochenneubildungen abgegrenzt werden. Dies gelingt meist mit Hilfe des Verteilungsmusters, das bei der metabolischen Störung bilateral und nahezu symmetrisch, bei der Entzündung hingegen eher unilateral und umschrieben ist.

#### *Entzündungszeichen am Knochen*

Als weiterer paläopathologische Befund können am Skelett vielfältige Zeichen für floride oder abgelaufene Entzündungen detektiert werden. Dies gilt für umschriebene, zumeist

unspezifisch bakterielle Entzündungen wie Dentitiden, Sinusitiden oder Arthritiden. Bakterielle Superinfektionen einer Fraktur können anhand der Knochenpathologie ebenfalls identifiziert werden. Daneben manifestieren sich am Knochen jedoch auch spezifische Infektionskrankheiten meist chronischer Art, deren Erreger zu einem mehr oder minder typischen Befall beziehungsweise Reaktionsmuster des Knochens führen. Hauptbeispiel hierfür ist Tuberkulose, die nachfolgend näher beschrieben wird. Aber auch Lepra führt beispielsweise zu einem sehr typischen Läsionsmuster, das bereits eine makromorphologische Identifikation der Erkrankung ermöglicht. Weitere Beispiele sind spezifische Pilzinfekte (zum Beispiel der „Madurafuß“ bei Nokardiose).

### *Tuberkulose*

Schon Hippokrates (460-375 BC) prägte den Begriff *Phthisis* (Schwindsucht), um damit eine Krankheit zu kennzeichnen, die mit allgemeinem Verfall einher ging. 1689 AD verwendete der englische Arzt Thomas G. Morton erstmals den Ausdruck „Tuberkel“ (Höcker, Knötchen), wovon wiederum der Begriff „Tuberkulose“ abgeleitet wurde (Hahn et al. 1999). Im 16. und 17. Jahrhundert lässt sich ein Viertel aller Todesfälle bei erwachsenen Europäern auf Tuberkulose zurückführen. Besonders stark breitete sich die Krankheit jedoch im 19. Jahrhundert aus und war als „weiße Pest“ häufigste Todesursache in Europa – eine direkte Folge der Urbanisierung im Rahmen der industriellen Revolution. Die Entdeckung des Erregers der Tuberkulose 1882 AD durch den deutschen Arzt Robert Koch war ein wichtiges Ereignis der Medizingeschichte. Seit der Entdeckung der Antibiotika in den 1940er Jahren kann der Großteil aller Fälle chemotherapeutisch behandelt werden (Hahn et al. 1999). Am Skelett kann sich Tuberkulose in Form von Knochentuberkulose durch hämatogene Streuung aus einem Weichgewebsherd (zum Beispiel Lunge) manifestieren. Ohne therapeutische Maßnahmen kommt es meist zu einer Osteomyelitis an Gelenken und Wirbeln mit lokal ausgedehnter Zerstörung des Gewebes (Adler 1998, Herrmann et al. 1990). Infolgedessen sind fortgeschrittene Stadien der

Tuberkulose oft an „präantibiotischem“ historischem Skelettmaterial zu beobachten (Roberts & Buikstra 2003).

### 1.4.3) Epigenetische Merkmale

Epigenetische Merkmale, auch *Discreta* genannt, sind morphologische Merkmale ohne metrische Erfassung. Sie können der Beschreibung von Individuen und vor allem Gruppen von Individuen dienen. Zu ihnen zählen zum Beispiel zusätzliche Knochenkerne in den Schädelnähten und diverse Suturen am Schädel, aber auch akzessorische Gelenkflächen (Herrmann et al. 1990). Die Entstehung von *Discreta* ist umstritten, die meisten von ihnen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit genetisch bedingt, die Erbgänge sind meist noch unbekannt. Andere Merkmale, vor allem akzessorische Gelenkflächen, sind jedoch sicher erworben. Sie können Hinweise auf individuen- und gruppenspezifische Aktivitätsmuster geben (Herrmann et al. 1990).

#### *Sutura metopica*

Die Naht zwischen den beiden Stirnbeinschuppen (*Sutura metopica*) verschließt sich in der Regel in den ersten beiden Lebensjahren (Gray 1954). Oft bleibt ein kleiner Nahtrest oberhalb der Nasenwurzel, seltener bleibt die ganze Stirnnaht bestehen, ein Zustand der als „*Metopismus*“ bezeichnet wird. Hanihara & Ishida (2001) und Hauser & De Stefano (1989) geben Frequenzen für die *Sutura metopica* innerhalb verschiedener historischer und rezenter Populationen an.

#### *Akzessorische Gelenkflächen*

Durch spezielle Beanspruchung eines Knochens und eines Gelenks können sich akzessorische Gelenkflächen bilden. Das sind zusätzliche Gelenkflächen, die nicht genetisch bedingt sind, sondern durch oft ausgeführte Bewegungen gebildet werden. Sie können Hinweise auf bestimmte Tätigkeiten und Aktivitätsmuster von einzelnen

Individuen oder Gruppen eines Skelettkollektivs geben (Herrmann et al. 1990). Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Auftreten von Hock- und Reiterfacetten untersucht.

### 1.4.4 Zuwachsringe im Zahnzement (TCA)

Bei der morphologischen Sterbealtersbestimmung können die einzelnen Individuen nur in grobe Altersklassen eingeteilt werden. Diese grobe Einteilung wird durch die Methode der Analyse der Zuwachsringe im Zahnzement (engl. TCA: *tooth cementum annulation* oder *incremental lines*) verfeinert; bei gut erhaltenem Material ist eine Sterbealtersbestimmung bis auf wenige Jahre genau möglich (Kagerer & Grupe 2001). Voraussetzung ist lediglich, dass mindestens ein Zahn pro Individuum vorhanden bzw. gut erhalten ist, von dessen Wurzel Dünnschnitte angefertigt werden können. Bei humanem Material haben sich zweihöckrige Backenzähne (*Dentes praemolares*) als am geeignetsten erwiesen (Charles et al. 1986, Condon et al. 1986), da sie mit +/-1,55 Jahren den stabilsten Zeitpunkt des Durchbruchs aufweisen (Schumacher et al. 1990). Dieses Durchbruchsalter wird zu den am Mikroskop ausgezählten Zahnzementringen addiert, um das individuelle Sterbealter zu ermitteln. Die TCA basiert auf der Tatsache, dass nach erfolgtem Zahndurchbruch das azelluläre extrinsische Fremdfaserzement jährlich zwei Zuwachsringe durch appositionelles Wachstum bildet und *intravital* keinem weiteren Umbau unterliegt (Lindskog et al. 1987). Dies ist vermutlich mit saisonal veränderten Lebensumständen zu erklären, da ein dunkler, stärker mineralisierter Ring im Sommer und ein heller, weniger mineralisierter Ring im Winter ausgebildet werden (Grue & Jensen 1979). Besonders helle, untermineralisierte (hypomineralisierte) Ringe sind zum einen die Durchbruchlinie jeden Zahns und zum anderen kennzeichnen sie Jahre, in denen das Individuum einen erhöhten Kalziumbedarf hatte. Das können zum Beispiel Schwangerschaften, aber auch „Krisen“ wie Erkrankungen, Traumata oder Perioden der Mangelernährung sein (Kagerer & Grupe 2001). Die Diplomarbeit: „Woran starben junge Erwachsene im Mittelalter?“ von Kaserer

(2006) behandelt das Thema der Krisenringe am Zahnmaterial der Petersberger Individuen.

Bereits seit den 1960er Jahren wird diese Methode zur (Sterbe)Altersbestimmung von Wildtieren verwendet (Cipriano 2002, Fogl & Mosby 1978, Gasaway et al. 1978, Kay et al. 1984, Keiss 1969, Linhart & Knowlton 1967, Marks & Erickson 1966, Mc Ewan 1963, Novakowski 1965, Ransom 1966, Stott et al. 1980). Stott et al. (1982) wendeten die TCA zum ersten Mal bei menschlichen Zähnen an. Grosskopf (1990) untersuchte bodengelagerte Zähne mit der TCA, seit dem hat sich diese Methode auch an archäologischem Skelettmaterial etabliert. Eine Bestimmung des Sterbealters ist auf wenige Jahre genau möglich, was eine deutliche Verbesserung gegenüber den morphologischen Methoden darstellt.

#### **1.4.5) Molekularpathologische Untersuchungen**

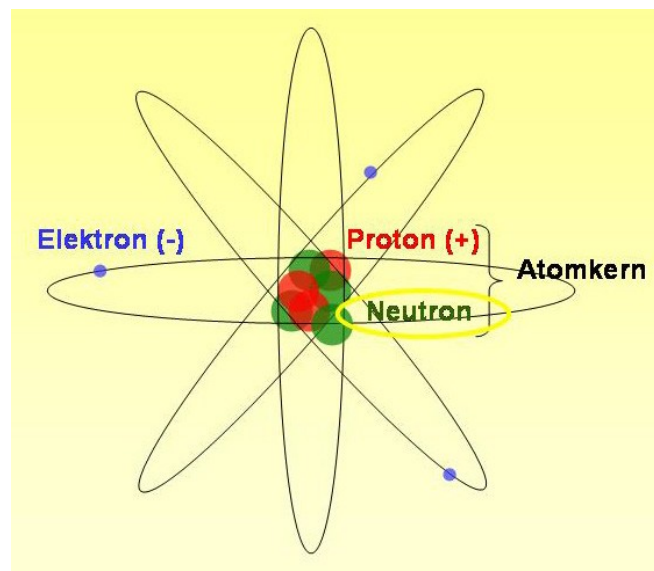
Aufbau, Entwicklung und Stoffwechsel der Körper aller Lebewesen wird durch DNA (*Desoxyribonukleinsäure*) determiniert. Sie enthält die vererbte genetische Information und ist in allen Zellen in Form eines Polymers enthalten. Seine Monomere heißen Nukleotide und setzen sich aus einem Zucker, einer Stickstoffbase und einer Phosphorsäure zusammen (Mülhardt 2002, Nicholl 1995, Stryer 1988). Die DNA-Basen Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C) und Thymin (T) sind durch die Phosphat-Zucker-Bindung miteinander verknüpft und können so einen langen Strang bilden. DNA besteht in der Regel aus zwei komplementären Strängen, die über Wasserstoffbrückenbindungen zusammen gehalten werden. Dabei lagert sich immer Cytosin mit Guanin und Adenin mit Thymin zusammen. Strang und Gegenstrang können mit genügend Energiezufuhr voneinander getrennt werden, man spricht von „Denaturieren“. Zehn Sekunden bei 95°C reichen bereits für eine vollständige Trennung der beiden Stränge aus. Sie können sich erneut aneinander lagern, man spricht hier von „Hybridisieren“ oder „Annealen“. Das

Denaturieren und anschließende Annealen ist beliebig reversibel, ein Verfahren, das man sich in Form der PCR (*Polymerase Chain Reaction*) zunutze machen kann. Hiermit gelingt eine millionenfache Amplifikation von genetischen Zielsequenzen. Die Entwicklung der PCR in den 1980er Jahren führte zu einem Boom der Forschung mit *ancient DNA* (aDNA), da nun lediglich geringe Mengen genetischen Materiales für eine Analyse benötigt wurden (Mullis & Faloona 1987).

Die genetische Information von aDNA aus menschlichen Überresten kann zum Beispiel für Geschlechtsbestimmungen (Cipollario et al. 1998, Faerman et al. 1995, Stone et al. 1996) und Verwandtschaftsanalysen (Hagelberg et al. 1991) herangezogen werden. Hierbei können die genetische Ähnlichkeit zwischen Populationen (Hagelberg et al. 1994) oder die verwandtschaftlichen Beziehungen innerhalb von Gruppen oder zwischen Individuen eines Bestattungsplatzes von primärem Interesse sein (Gill et al. 1994). Für die Paläopathologie ist vor allem aDNA von Mikroorganismen von Belang, die sich bei einer Infektion zum Todeszeitpunkt im betroffenen Knochen bzw. im Knochenmark befanden. So wurde von verschiedenen wissenschaftlichen Arbeitsgruppen bereits *Mycobacterium tuberculosis* (Baron et al. 1996, Haas et al. 2000a, Nerlich et al. 1997a, Spigelman & Lemma 1993, Taylor et al. 2005, Zink et al. 2004), *Yersinia pestis* (Drancourt et al. 1998, Wiechmann & Grupe 2005), *Mycobacterium leprae* (Haas et al. 2000b, Rafi et al. 1994) und *Plasmodium falciparum* (Nerlich et al. 2008, Taylor et al. 1997) an historischem Material nachgewiesen. Auch Knochenproben des vorliegenden Materials wurden einer genetischen Untersuchung unterzogen. Hierbei galt es, gegebenenfalls das 123bp Segment der repetitiven Sequenz IS6110 des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes zu amplifizieren. Zum *Mycobacterium tuberculosis*-Komplex zählen: *M. tuberculosis*, *M. bovis*, *M. microti*, *M. africanum* und *M. canettii* (Eisenach et al. 1990, Zink et al. 2005); die Sequenz IS6110 kann bei diesen Spezies in bis zu zwanzigfacher Anzahl vorliegen (Thierry et al. 1990).

### 1.4.6) Stabile Isotope

Das Atom als Grundeinheit eines Elements besteht aus subatomaren Teilchen, den Elektronen, Protonen und Neutronen (Mortimer 1996). Sie werden durch zwei Zahlen definiert, die Ordnungszahl und die Massenzahl. Die Ordnungszahl ist gleich der positiven Elementarladungen im Atomkern. Da nur Protonen über positive Elementarladungen verfügen, ist die Ordnungszahl gleich der Zahl der Protonen im Kern. In einem „neutralen“ Atom ist auch die Zahl der negativen Elektronen, die sich in der Atomhülle befinden, gleich der Ordnungszahl. Die Massenzahl ist die Gesamtzahl der Nucleonen, das heißt der Protonen und der ungeladenen Neutronen zusammen. Sie entspricht näherungsweise der Atommasse, denn die Masse der Elektronen ist vernachlässigbar. Alle Atome desselben Elements haben die gleiche Ordnungszahl. Atome gleicher Ordnungs-, aber unterschiedlicher Massenzahl nennt man Isotope. Die unterschiedliche Massenzahl ergibt sich aus einer unterschiedliche Anzahl an Neutronen, wobei die seltenen Isotope zusätzliche Neutronen besitzen (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Atoms.  
Stabile Isotope unterscheiden sich in ihrer  
Neutronenanzahl von der gängigen Atomform.**



Gängige Formen der Atome sind beispielsweise: Kohlenstoff ( $^{12}\text{C}$ ), Stickstoff ( $^{14}\text{N}$ ) und Sauerstoff ( $^{16}\text{O}$ ), sowie ihre Isotope  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{17}\text{O}$  und  $^{18}\text{O}$ ; die hochgestellte Zahl stellt die Massenzahl dar. Die chemischen Eigenschaften von Isotopen sind oft ähnlich, so dass sie meist nicht unterschieden werden können (Mortimer 1996). Das zusätzliche Gewicht führt jedoch zu einer langsameren Bewegungs- und Diffusionsrate im Vergleich zu leichteren Isotopen (kinetische Isotopen-Effekte). Zudem gehen leichte Isotope schneller chemische Reaktionen ein als schwere. Es kann auch zu einer Änderung des Gefrier-, Schmelz-, Kondensations- Kristallisations-, und Evaporationspunktes kommen, samt Abweichung in der Geschwindigkeit dieser Prozesse (Gleichgewichts-Isotopen-Effekte). Stabile Isotope sind nicht radioaktiv und können somit auch nicht für radiometrische Datierungen eingesetzt werden, wie zum Beispiel  $^{14}\text{C}$ . Folglich verändern sich stabile Isotope nicht mit der Zeit oder zerfallen. Radioaktive Isotope besitzen einen instabilen Atomkern, der laufend Energie abgibt, um in einen stabilen Atomkern mit anderer Ladungszahl und Masse überzugehen. Schwere stabile Isotope machen nur einen geringen Teil in jedem Element aus. Ein Organismus besteht aus gängigen Atomformen und deren stabilen Isotopen (siehe Abbildung 2). Ein Mensch mit einem Gewicht von 50kg besteht hauptsächlich aus Wasser, somit machen Sauerstoff- und Wasserstoffatome einen Anteil von über 35kg aus, gefolgt von Kohlenstoff- (mehr als 11kg) und Stickstoffatomen (mehr als 1kg).

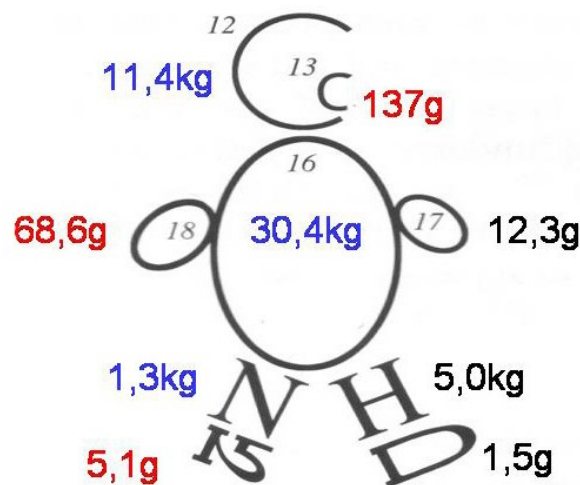


Abbildung 2: Stabile Isotope eines durchschnittlichen Menschen mit einem Gewicht von 50kg. Den größeren (Gewichts-) Teil machen meist die leichteren Isotope aus (nach Fry 2006). In dieser Arbeit werden stabile Isotope des Kohlenstoffs, Stickstoffs und Sauerstoffs untersucht.

### Das Knochenkollagen

Kollagen Typ I aus Knochen eignet sich sehr gut für die Analyse stabiler Kohlenstoff- und Stickstoff-Isotope. Es kann den Tod eines Individuums Tausende von Jahren überdauern; seine Molekülstruktur ist extrem widerstandsfähig gegenüber *postmortalen* Veränderungen. Zudem erneuert sich Kollagen im lebenden Organismus nur alle 10 bis 30 Jahre vollständig, somit kann mittels Isotopenanalyse eine Aussage über das Nahrungsverhalten eines Individuums während einer relativ langen Zeitspanne im Leben getroffen werden (Ambrose 1993). Das Keratin aus Haaren und Nägeln hat eine schnellere Umbaurate und eignet sich für Aussagen über die Ernährung eines Individuums in der letzten Zeitspanne vor dem Tod oder *intravivam* (Macko et al. 1999, Nardoto et al. 2006, O'Connell & Hedges 1999a+b). Sofern diese Gewebe bei historischem Material noch vorhanden sind, können sogar saisonale Unterschiede in der Ernährung festgestellt

werden (Knudson et al. 2007, Williams & Katzenberg 2006). Zahnschmelz wird dagegen gar nicht, Dentin kaum umgebaut, aus ihnen gewonnene Daten spiegeln den Zeitraum im Leben des Individuums wider, in dem der Zahn angelegt wurde (Koch et al. 1994).

Im Kollagen wird hauptsächlich der Proteinanteil der Nahrung „repräsentiert“. Der Baustoffwechsel bedingt eine „Unterrepräsentation“ der Kohlenhydrate im Kollagen. Besonders ins Gewicht fällt dies, wenn sich eine Population proteinreich ernährt, zum Beispiel bei mariner Kost. Sind Proteine allerdings nur mäßig in der Nahrung vertreten, wird auch der Kohlenstoff aus Kohlenhydraten ausreichend im Kollagen wiedergespiegelt (Ambrose 1993, Ambrose & Norr 1993).

Die Aminosäure-Zusammensetzung in Kollagen bei Vertebraten variiert kaum (Armstrong et al. 1983), man kann ihre  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte miteinander vergleichen und für ein Ökosystem ein gemeinsames Nahrungsnetz konstruieren. Im Tierorganismus sind wasserunlösliche Faserproteine enthalten. Kollagen gehört zu der Gruppe der helicalen Proteine; es enthält einen besonders hohen Prozentsatz der Aminosäuren Glycin (jede dritte Position) und Prolin. Insgesamt macht Kollagen 20-25% des Trockengewichtes eines Knochens aus (Hare 1980). Die Grundstruktur ist eine stabförmige Tripelhelix von etwa 300nm Länge und 1,5nm Durchmesser. Der regelmäßige und häufige Einbau der kleinsten Aminosäure Glycin – sie trägt keine Seitengruppe – gestattet die enge Windung der Tripelhelix und die gegenseitige Stabilisierung durch intermolekulare Wasserstoffbrücken (Hart 1989). Das im reifen Knochen hauptsächlich vorhandene Kollagen „Typ I“ besteht aus zwei identischen  $\alpha_1(\text{I})$ -Ketten und einer  $\alpha_2(\text{I})$ -Kette, die zu einer Tripelhelix verbunden sind (Rohen & Lütjen-Drecoll 2000). Die zentralen Regionen dieser drei Ketten von jeweils 1014 Aminosäuren enthalten dementsprechend 338 Tripetide vom Typ Gly-X-Y. Etwa ein Drittel aller dem Glycin benachbarten Aminosäuren bestehen im Bereich des C-terminalen Kettenendes aus Prolin, am N-terminalen Ende befindet sich meist Hydroxyprolin.

Die Kollagen-I-Synthese beginnt mit der Produktion von Polypeptidketten an membrangebundenen Ribosomen in den Osteoblasten. Sie werden als pro- $\alpha$ -Ketten in das Lumen des endoplasmatischen Reticulums transportiert. Dort erfolgt die Hydroxylierung eines Teils von Prolin und Lysin. Jede einzelne  $\alpha$ -Kette bildet eine linksgewundene Helix, die drei  $\alpha$ -Ketten finden sich über Wasserstoffbrückenbindungen zu einer rechtsgewundenen Tripelhelix von 293nm Länge zusammen. Nachdem dieses Prokollagenmakromolekül in den Extrazellularraum abgegeben wurde, werden C- und N-terminale Telopeptide abgespalten. Das eigentliche Kollagenmolekül verbleibt in der Nähe der Zelloberfläche und bildet Fibrillen mit gleichartigen Molekülen (Grupe 1995a).

Die folgende Tabelle 1 zeigt die genaue Aminosäuren-Zusammensetzung des Kollagens.

Tabelle 1: Kollagenzusammensetzung ( $\Delta$ -Werte:  $\delta$ -Wert der isolierten Aminosäure abzüglich des  $\delta$ -Werts des gesamten Kollagens) (nach Ambrose 1993)

Aminosäure (AS)	% der AS im Kollagen	C-Atome pro AS	% C im Kollagen	N-Atome pro AS	% N im Kollagen	$\Delta^{13}\text{C}\%$	$\Delta^{15}\text{N}\%$
Asparaginsäure	4,4	4	4,61	1	3,69	-1,2	1,3
Hydroxyprolin	8,9	5	11,65	1	7,47	-0,5	3,6
Threonin	1,7	4	1,78	1	1,43	3,4	-8,5
Serin	3,6	3	2,83	1	3,02	2,8	-1,7
Glutaminsäure	7,4	5	9,69	1	6,21	1,8	2,1
Prolin	13	5	17,02	1	10,91	0	2
Glycin	33,4	2	17,49	1	28,22	3,5	-2,1
Alanin	11,2	3	8,8	1	9,4	-2,9	0,8
Valin	2,5	5	3,27	1	2,1	-8	7,5
Methionin	0,5	5	0,65	1	0,42		
Isoleucin	0,9	6	1,41	1	0,76	-2,3	-3,7
Leucin	2,3	6	3,61	1	1,93	-12,3	8,5
Tyrosin	0,3	9	0,71	1	0,25		
Phenylalanin	1,2	9	2,83	1	1,01	-6,5	2,3
Hydroxylysin	0,5	6	0,79	2	0,84	-1,9	0,2
Lysin	2,7	6	4,24	2	4,53	-1,7	1
Histidin	0,5	6	0,79	3	1,26		
Arginin	5	6	7,85	4	16,78	-3,4	-2,7

*$\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Kollagen*

Das Knochenkollagen setzt sich hauptsächlich aus Proteinen der Nahrung zusammen (Ambrose 1993). Folglich enthalten die essentiellen Aminosäuren Kohlenstoffatome aus Proteinen. Essentielle Aminosäuren (Threonin, Valin, Methionin, Isoleucin, Leucin, Phenylalanin und Lysin) machen etwa 12% im Kollagen und 18% der Kohlenstoffatome im Kollagen aus (siehe Tabelle 1). Aminosäuren, die nicht essentiell sind, deren unmittelbare Vorstufe aber aus essentiellen Aminosäuren besteht, kommen auf einen Anteil von 19,3% Kohlenstoffatome im Kollagen (Ambrose et al. 1997, Schwarcz 1991). Dieser Wert definiert den minimalen Anteil von Kohlenstoffatomen aus Nahrungsprotein im Knochenkollagen. Dagegen können theoretisch nicht-essentielle Aminosäuren aus allen Nahrungsbestandteilen synthetisiert werden. Es konnte jedoch in kontrollierten Fütterungsexperimenten nachgewiesen werden, dass es für einen Organismus energetisch effizienter ist, bei entsprechendem Angebot nicht-essentielle Aminosäuren zu nutzen und diese folglich nicht selbst zu synthetisieren, sondern sie aus den Nahrungsproteinen heranzuziehen (Ambrose & Norr 1993, Jim et al. 2004, Tieszen & Fagre 1993). In diesen Fütterungsexperimenten wurde bewiesen, dass C-Atome aus Kohlenhydraten und Fetten nur dann in signifikanten Mengen eingebaut werden, wenn eine extrem proteinarme Diät vorliegt (Ambrose 1993).

Ein Unterschied der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Kollagen von Karnivoren und Herbivoren um 0,5‰ bis 1‰ kann in modernen- und in Paläoökosystemen von van Klinken et al. (2000) beobachtet werden.

Herbivore sind dabei meist abgereichert mit  $^{13}\text{C}$ -Atomen. Lee-Thorp et al. (1989) haben für Vertreter der südafrikanischen Fauna und Flora ein schematisches Nahrungsnetz rekonstruiert (siehe Abbildung 3). Darin wird die Anreicherung von  $^{13}\text{C}$  bei Konsumenten vereinfacht dargestellt. Zudem werden verschiedene Gewebe, unter anderem Kollagen

und Hydroxylapatit, verglichen. Dieses schematische Nahrungsnetz basiert auf dem Modell von Krueger & Sullivan (1984).

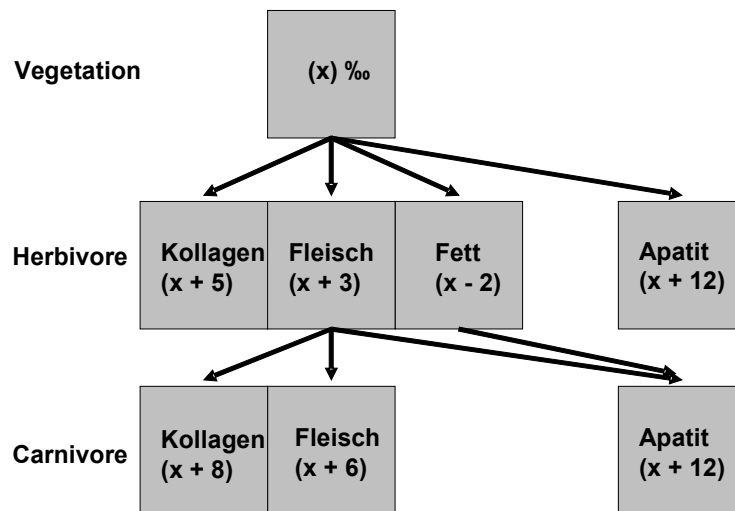


Abbildung 3: Anreicherung von  $^{13}\text{C}$  im schematischen Nahrungsnetz (nach Lee-Thorp 1989)

Organismen aus marinen Ökosystemen oder jene, die sich von ihnen ernähren, haben meist positivere  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte als Individuen aus terrestrischen Ökosystemen. Der Grund hierfür ist das gelöste Bicarbonat im Meerwasser (Ambrose 1993, Sealy 2001).

Mit der Analyse der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Kollagen können Rückschlüsse auf den Pflanzentyp gezogen werden, auf dem die Nahrung basiert (Marshall et al. 2007). Ob der Kohlenstoff hauptsächlich von  $\text{C}_3$ -Pflanzen,  $\text{C}_4$ -Pflanzen oder beiden kommt (Begon et al. 1998), kann anhand der  $\delta^{13}\text{C}$ -Daten aus dem Kollagen nachvollzogen werden. Dabei müssen bestimmte, für Pflanzen wichtige Parameter beachtet werden, zum Beispiel, ob ein Gebiet arid oder humid ist. Phänomene wie der *Baldachin-* oder *fossil-fuel-Effekt* (siehe Punkt 1.5.1) müssen gegebenenfalls ebenso in die Interpretation der Werte mit einbezogen werden. Alle diese Faktoren können die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte in Pflanzen beeinflussen und übertragen sich somit auch ins Kollagen.

---

 $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Kollagen

Stickstoff kommt hauptsächlich über die Aufnahme von Proteinen in den Körper von Organismen. Proteine desselben Individuums besitzen meist ähnliche  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte. Dabei spielt die Gewebeart, aus der sie stammen, eine geringe Rolle. Im Allgemeinen kann in terrestrischen Ökosystemen eine Anreicherung der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Kollagen um 3‰ bis 6‰, im Mittel um 4‰ pro Trophiestufe beobachtet werden (Ambrose 1993, Grupe et al. 2005). Folglich kann mittels  $\delta^{15}\text{N}$  zwischen Herbivoren, Omnivoren und Karnivoren unterschieden werden. Säugetiere, welche lactieren, produzieren einen Trophiestufeneffekt innerhalb des weiblichen Organismus. Folglich sind Milch und Milchprodukte durch besonders hohe  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte gekennzeichnet. Für kindliche Individuen kann folglich die Stilldauer ermittelt werden (Dittmann & Grupe 2000).

Ambrose (1986) kann an afrikanischem historischem Material menschliche Ackerbauern von Viehzüchtern unterscheiden und sogar erkennen, ob Fleisch- oder Milchwirtschaft betrieben wurde. Bei Lösch et al. (2006) werden extrem niedrige  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte an neolithischem humanem Skelettmaterial aus Anatolien teilweise auf vermehrten Verzehr von *Leguminosen* zurückgeführt.

Erhöhungen der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte ohne die Kausalität des Trophiestufeneffektes können in trockenen und salzhaltigen terrestrischen Ökosystemen beobachtet werden. Dies konnte an Wiederkäuern in Afrika dokumentiert werden, wo die Tiere in permanenter Aridität unter Wasserknappheit leiden. Dürretolerante (*water-conserving*) Spezies wie Gazelle, Schaf und Ziege zeigen signifikant erhöhte  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Vergleich zu obligaten Trinkern (*water-dependent*) wie Rind und Esel (Ambrose 1991). Ein Unterschied der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte durch Wasserstress ist ein Faktor, der in ariden Gebieten unbedingt berücksichtigt werden muss. Grund für diese Abweichung ist der physiologische Vorgang der erhöhten Harnstoffkonzentration. Dürretolerante Tiere scheiden im Urin erhöhte Konzentrationen



an isotopisch leichtem Harnstoff aus, um Wasser zu sparen (Ambrose 1991). Im Allgemeinen haben Individuen aus Gebieten mit feuchten, kühlen Umweltbedingungen niedrigere  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte als vergleichbare Individuen aus trockenen und heißen Gegenden. Eine weitere Erklärung für erhöhte  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte könnte auch Nahrungsstress sein. Dabei werden bei Proteinmangel körpereigene Stickstoffverbindungen wiederverwertet, was sich als Erhöhung der Trophiestufe in den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten zeigt (Koch et al. 1994). Auch die Darmflora von Wiederkäuern kann für eine Erhöhung der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte um bis zu eine Trophiestufe verantwortlich sein (Steinhour et al. 1982). Verfügbare  $\delta^{15}\text{N}$ -Daten zeigen aber keine systematischen Unterschiede zwischen Wiederkäuern und Nicht-Wiederkäuenden Spezies.

Organismen aus Süßwasserökosystemen besitzen ebenfalls hohe  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte, wie zum Beispiel Bösl et al. (2006) zeigen konnten. Auch bei Individuen, die sich zu einem beträchtlichen Anteil von marinen Nahrungsressourcen ernähren, findet man wegen der Denitrifikationsprozesse mit hohem Fraktionierungsfaktor im Meer stark erhöhte  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte (Ambrose 1993, Sealy 2001). Des Weiteren ist die Nahrungskette im Meer (und auch im Süßgewässer) oft viel länger als bei terrestrischen Ökosystemen, so dass folglich mehr Trophiestufeneffekte zum Tragen kommen. In den Abbildungen 4 und 5 sind die Verteilungen von  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten und von  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten in einem terrestrischen und einem marinen Ökosystems dargestellt.

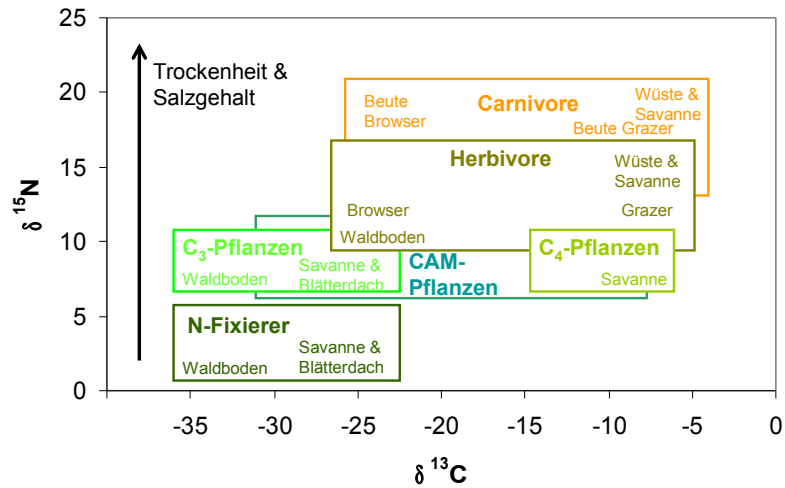


Abbildung 4: Verteilung von stabilen Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen in einem terrestrischen Nahrungsnetz (nach Ambrose 1993)

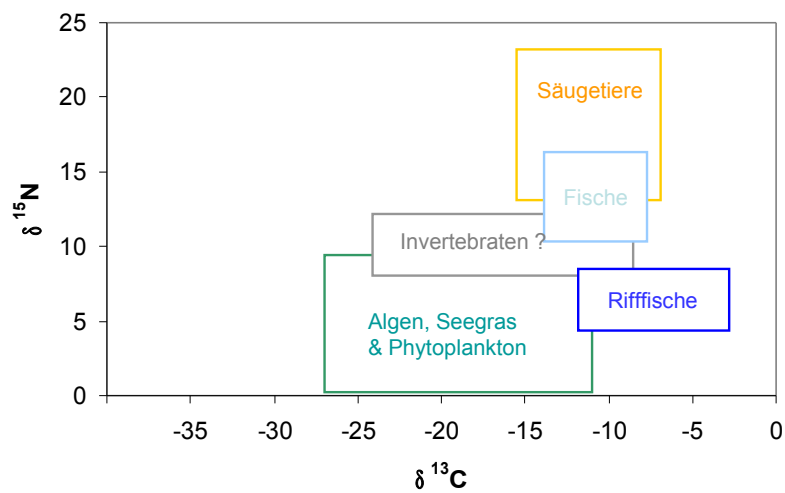


Abbildung 5: Verteilung von stabilen Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen in einem marinen Nahrungsnetz (nach Ambrose 1993)

### *Das strukturelle Karbonat*

Ausgewachsene Knochen und Dentin bestehen zu 70%, Zahnschmelz zu 98% aus anorganischem Mineral, das in die organische Matrix eingelagert ist. Dieses anorganische Material ist eine kristalline Form von Apatit und Hydroxylapatit mit der idealen Strukturformel  $(\text{Ca})_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (Sillen 1989). Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$  bzw.  $\text{HCO}_3^-$ ) kommt in zwei Formen im biologischen Apatit vor, als strukturelles Karbonat, welches als Substituent für Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) oder der Hydroxylgruppe ( $\text{OH}^-$ ) innerhalb der kristallinen Form fungiert und als adsorbiertes Karbonat auf der Kristalloberfläche (Lee-Thorp 2000). Das adsorbierte Karbonat ist löslich und dient als Reservoir für das Bikarbonat im Blut. Es ist angereicherter an  $^{13}\text{C}$  als das strukturelle Karbonat. Dieses adsorbierte Karbonat sollte bei der Extraktion zur Analyse der stabilen Isotope vollständig entfernt werden, da sonst abweichende  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte auftreten. Zudem ist strukturelles Karbonat gegenüber Verunreinigungen durch Kalziumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) aus Boden und Grundwasser besser geschützt als adsorbiertes Karbonat. Auch dieses  $\text{CaCO}_3$  muss bei der Extraktion entfernt werden. Apatit enthält etwa zwei bis vier Gewichtsprozent Karbonat (Mays 2000). Der vollständige Austausch des Knochenkarbonats dauert sieben bis zehn Jahre. Somit dient auch Karbonat als Langzeitindikator für die Nahrungsbestandteile der jeweiligen Individuen, auch wenn es eine kürzere Zeitspanne repräsentiert als Kollagen. Analysen des Zahnschmelzes geben Auskunft über die Ernährung in der Kindheit, da sie metabolisch nicht, beziehungsweise weniger aktiv sind und keine Umbauraten zeigen.

### *$\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Knochenkarbonat*

Das Knochenkarbonat spiegelt die gesamte aufgenommene Nahrung wider (Ambrose & Norr 1993). Die Methode der Karbonat-Extraktion kann auch an Skelettmaterial angewendet werden, das kein oder zu wenig oder qualitativ schlechtes Kollagen liefert (Grupe et al. 2005). Da im Knochenkarbonat auch Fette und Kohlenhydrate als Energielieferant dienen, ändert sich der Fraktionierungsfaktor im Gegensatz zum

Kollagen, das sich hauptsächlich aus Nahrungsproteinen zusammensetzt. Der Unterschied zwischen  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten des Karbonats und  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten des Kollagens ist somit bei Herbivoren signifikant höher als bei Carnivoren (Grupe et al. 2005).

Mit der Analyse von  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten im Karbonat und einem Vergleich mit  $^{13}\text{C}$ -Werten im Kollagen eines Individuums kann eine Aussage über den Fleisch- bzw. Fettanteil der Nahrung getroffen werden. Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Kohlenstoffs sind im Knochenkarbonat normalerweise um 3‰ bis 10‰ angereicherter als im Kollagen (Ambrose 1993). DeNiro & Epstein (1978) stellten eine Anreicherung der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Karbonat um etwa 9,6‰ im Vergleich zur Nahrung fest. Krueger & Sullivan (1984) fanden eine Anreicherung der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Karbonat von 12‰ bei Herbivoren und 8‰ bei Carnivoren im Vergleich zur Vegetation. Das Lee-Thorpsche Nahrungsnetzmodell (1989) zeigt ebenfalls eine Anreicherung um etwa 12‰ im Karbonat von Herbivoren, die karnivoren Spezies haben hier allerdings ähnliche  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte (siehe Abbildung 3).

#### *$\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Knochenkarbonat*

Die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte des Phosphats und Karbonats im Knochenapatit sind mit dem Sauerstoffpool der Körperflüssigkeit ausgeglichen. Der  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert des Sauerstoffpools wird durch das Gleichgewicht von Sauerstoffzufuhr und Sauerstoffabgabe festgelegt. Sauerstoff kann dem Körper in Form von Nahrung, Wasseraufnahme und Atmung zugeführt werden. Die Abgabe von Sauerstoff erfolgt über Kohlendioxid in Atmung, Schweiß, Urin und *Faeces* (Grupe et al. 2005, Schoeninger et al. 2000). Die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der Nahrung, die ein Individuum konsumiert, tendieren dazu, sich den  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten des Wassers ihrer Umwelt anzugleichen. Dieses Wasser der Umwelt setzt sich aus meteorischem Wasser (Regen, Schnee) und Oberflächenwasser (Flüsse, Seen, Quellen) zusammen. Da der  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert des atmosphärischen Sauerstoffes konstant ist, haben die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der Individuen oft einen engen Bezug zu dem von ihnen konsumierten

Trinkwasser (Longinelli 1984, Mays 2000, White et al. 1998). Dies gilt vor allem für warmblütige Säugetiere mit konstanter Körpertemperatur (Grupe et al. 2005).

Phosphat wird im Allgemeinen von diagenetischen Prozessen nicht so stark beeinträchtigt wie Karbonat (Iacumin et al. 1996), jedoch können dekompositionsbedingte Fehlergebnisse durch geeignete Vorbehandlung des Karbonats eingegrenzt werden. Der Arbeitsaufwand wird durch die Analyse von  $\delta^{18}\text{O}$  im Karbonat erheblich gemindert, jedoch sollte beachtet werden, dass das Sauerstoff-Isotopenverhältnis im Karbonat von jenem im Phosphat abweichen kann (Grupe et al. 2005). Bei Versuchen an rezenten Säugetierknochen korrelieren diese beiden Variablen jedoch sehr (Iacumin et al. 1996).

Das Oberflächenwasser, das in Ökosystemen meist als Trinkwasser dient, wird von der Temperatur beeinflusst. Da  $\delta^{18}\text{O}$  extrem Temperatursensitiv ist, können seine Werte als „Paläothermometer“ herangezogen werden. Anhand von  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten können bereits prähistorische Klimaschwankungen von weniger als  $1^\circ\text{C}$  rekonstruiert werden (Mays 2000).

Stabile Sauerstoff-Isotope sind auch Indikatoren für das geographische Ursprungsgebiet von Individuen (Kontinentaleffekt). Somit können mit Hilfe von  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten auch Migrationen einzelner Individuen oder ganzer Gruppen erkannt werden (Dupras & Schwarcz 2001, White et al. 1998). Lösch et al. (2006) konnten ein einzelnes Individuum identifizieren, das sich zeitlich vom übrigen Skelettmaterial der Fundstelle aus Nevali Cori (in diesem Falle neolithisch) unterschied.

## 1.5) Kreisläufe in Ökosystemen

Für eine Rekonstruktion von Nahrungsnetzen mittels stabiler Kohlenstoff-, Stickstoff- und Sauerstoffisotope ist die Kenntnis der einzelnen Stoffkreisläufe unabdingbar. Im Folgenden werden die Kreisläufe der Elemente Kohlenstoff und Stickstoff und der Verbindung Wasser beschrieben (Begon et al. 1998, Campbell 1997). Die  $\delta$ -Werte sind nach Peterson & Fry (1987) und Fry (2006) ergänzt.

### 1.5.1) Der Kohlenstoffkreislauf

Kohlenstoff ist der Grundbestandteil aller organischen Verbindungen. Sein Weg durch Ökosysteme verläuft stärker parallel zum Weg der Energie als der Weg anderer Elemente.

Pflanzen nehmen Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  -7‰ bis -8‰) durch die Stomata ihrer Blätter aus der Atmosphäre auf und bauen ihn mittels Photosynthese in die organische Substanz ihrer Biomasse ein bzw. um. Der  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von Blättern der  $\text{C}_3$ -Pflanzen beträgt etwa -28‰ (Fry 2006, Marshall et al. 2007). Ein Teil dieser organischen Substanz dient Konsumenten und Destruenten als Kohlenstoffquelle. Durch Respiration von Lebewesen gelangt das Kohlendioxid wieder zurück in die Atmosphäre. Die Wiederverwertung des von  $\text{C}_3$ -Pflanzen fraktionierten, respiratorischen  $\text{CO}_2$  in dichter Vegetation kann zu einer Anreicherung mit  $^{13}\text{C}$  führen. In einem dichten Wald kann sich das respiratorische  $\text{CO}_2$  mit atmosphärischem  $\text{CO}_2$  kaum vermischen – die  $\text{C}_3$ -Pflanzen im Unterholz nehmen einen Großteil des angereicherten  $\text{CO}_2$  auf. Somit haben in einem dichten Wald die bodennahen  $\text{C}_3$ -Pflanzen(blätter) angereicherte  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und die Pflanzen(blätter) nahe dem Blätterdach  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte, die eher den „Normwerten“ entsprechen. Dieses Phänomen wird als „Baldachin-Effekt“ bezeichnet (Ambrose 1993, van der Merwe & Medina 1991, van Klinken et al. 2000). Folglich haben Tiere, die am Waldboden leben, die negativsten  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte in einem terrestrischen Ökosystem.

Die in der Atmosphäre enthaltene Kohlendioxidmenge (etwa 0,03%) schwankt im Verlauf eines Jahres geringfügig. Da die Nordhalbkugel eine größere Landfläche und damit mehr Vegetation als die Südhalbkugel besitzt, ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Sommer der Nordhemisphäre am geringsten. Die Photosyntheseaktivität der Pflanzen ist dann so hoch, dass die Gesamtmenge an Kohlendioxid in der Atmosphäre global sinkt.

Jährlich nimmt die Vegetation annähernd ein Siebtel des in der Atmosphäre enthaltenen Kohlendioxids auf. In etwa die gleiche Menge wird durch die Respiration wieder freigesetzt. Ein Teil des Kohlenstoffs wird über längere Zeit aus dem Kreislauf entfernt, wenn er als dauerhafte organische Substanz, zum Beispiel Holz oder Erdöl, fixiert wird. Durch Zersetzung bzw. Verbrennung gelangt aber selbst dieser Kohlenstoff schließlich in die Atmosphäre zurück (Begon et al. 1998). Die Verbrennung fossiler Brennstoffe führt zu einer Anreicherung des <sup>13</sup>C im atmosphärischen CO<sub>2</sub>. Seit dem 19. Jahrhundert kam es zu einer Anreicherung des δ<sup>13</sup>C-Werts von CO<sub>2</sub> um 1,4‰. Diese Anreicherung wird *fossil fuel effect* genannt und muss berücksichtigt werden, wenn rezentes Material mit archäologischen Ergebnissen verglichen wird (Ambrose 1993).

Die Prozesse der Photosynthese und Respiration laufen auch in aquatischen Ökosystemen ab, sind jedoch wegen der Wechselbeziehungen mit Wasser komplizierter (Lampert & Sommer 1999). Gelöstes CO<sub>2</sub> reagiert mit Wasser zu Kohlensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), diese reagiert wiederum mit Kalkstein (CaCO<sub>3</sub>), der in vielen Gewässern – einschließlich der Meere – vorhanden ist, zu Bicarbonat- und Carbonationen. Photosynthetisch aktive Organismen in aquatischen Ökosystemen verwandeln das Bicarbonat (δ<sup>13</sup>C 0‰) in CO<sub>2</sub> zurück, manche können auch das Bicarbonat direkt als Kohlenstoffquelle nutzen. Bicarbonate dienen also als CO<sub>2</sub>-Reservoir. Die Gesamtmenge an Kohlenstoff, die in den Ozeanen in Form verschiedener anorganischer Verbindungen enthalten ist, beträgt etwa das Fünfzigfache der Kohlenstoffmenge der Atmosphäre (Sedimente nicht eingerechnet). Durch die CO<sub>2</sub>-Aufnahme von Phytoplankton (δ<sup>13</sup>C -19‰ bis -24‰) und die anorganischen Reaktionen

von Kohlendioxid mit Wasser sind die Meere wichtige „Puffer“, die freigesetzte Kohlendioxide absorbieren. In Süßgewässern ist der  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert stark variabel, je nachdem welche Quelle das gelöste  $\text{CO}_2$  hat. Wenn respiratorische Einträge des Kohlendioxids überwiegen, kann er sich  $-20\text{‰}$  annähern. Süßwasseralgen, die bei der  $\text{CO}_2$ -Aufnahme weiter fraktionieren, können Werte von  $-45\text{‰}$  erreichen (Fry 2006, Peterson & Fry 1987).

### 1.5.2) Der Stickstoffkreislauf

Ein weiteres bedeutendes Element in Ökosystemen ist Stickstoff. Er ist Bestandteil jeder Aminosäure, aus denen die Proteine aufgebaut sind. Stickstoff liegt im Boden in nur zwei für Pflanzen verwertbaren Formen vor: Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) und Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Dort sind  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von  $-4\text{‰}$  bis  $+14\text{‰}$  messbar (Fry 2006, Peterson & Fry 1987). Die Variabilität ist durch den kumulativ schnelleren Verlust von  $^{14}\text{N}$  bei Dekomposition zu erklären. Fast 80% der Atmosphäre bestehen aus molekularem Stickstoff ( $\text{N}_2$ ,  $\delta^{15}\text{N}$   $0\text{‰}$ ), der für Pflanzen allerdings nicht verfügbar ist. Durch atmosphärische Deposition kommen etwa fünf bis zehn Prozent des für das Ökosystem verwertbaren Stickstoffs ( $\text{NO}_3^-$  und  $\text{NH}_4^+$ ) in den Boden, durch Regen gelöst oder durch Ablagerungen von Partikeln. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte dieses Niederschlages haben eine große Spannweite von  $-20\text{‰}$  bis  $+10\text{‰}$  (Fry 2006, Peterson & Fry 1987).

Durch Stickstoff-Fixierung wandeln bestimmte Prokaryoten (zum Beispiel *Rhizobium*) molekularen, atmosphärischen Stickstoff in Ammoniak um, der zur Synthese organischer, stickstoffhaltiger Verbindungen dienen kann. Stickstoff wird in terrestrischen Ökosystemen sowohl von frei lebenden Bodenbakterien als auch von symbiontischen Bakterien in Wurzelknöllchen von Leguminosen und bestimmten anderen Pflanzen fixiert. Der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert dieser Pflanzen reicht von  $-2\text{‰}$  bis  $+2\text{‰}$  (Fry 2006, Peterson & Fry 1987). Manche Cyanobakterien können Stickstoff in aquatischen Ökosystemen fixieren (Lampert & Sommer 1999).



Das an den Boden abgegebene Produkt dieser Fixierung ist Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ); da die meisten Böden aber geringfügig sauer sind, bildet sich durch die Aufnahme eines Protons ( $\text{H}^+$ ) Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Dieses kann direkt von Pflanzen genutzt werden. Aus Böden mit relativ neutralem pH-Wert kann Ammoniak auch ausgasen und in der Atmosphäre Ammonium bilden. Organismen, die Stickstoff fixieren, wirken natürlich nur in Ausführung ihrer eigenen Stoffwechselansprüche, das von ihnen abgegebene überschüssige Ammoniak wird aber für andere verfügbar.

Das im Boden enthaltene Ammonium wird von bestimmten aeroben Bakterien als Energiequelle genutzt. Sie oxidieren Ammoniak zu Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) und dann zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Diesen Vorgang bezeichnet man als „Nitrifikation“. Nitrat kann von den Pflanzen assimiliert und in organische Verbindungen umgebaut werden. Durch zersetzende Bakterien werden organische Stickstoffverbindungen wieder zu Ammonium abgebaut - ein Prozess, den man als „Ammonifikation“ bezeichnet. So gelangen große Mengen an Stickstoff wieder in den Boden (Campbell 1997).

Unter „Denitrifikation“ versteht man die Wiederumwandlung des Nitrats in molekularen Stickstoff, der in die Atmosphäre zurückkehrt. Manche Bakterien gewinnen so, unter anaeroben Bedingungen, ihren Sauerstoff aus dem Nitrat. Jedoch ist die Menge an Stickstoff, der auf diese Weise in die Atmosphäre zurück gelangt, relativ gering.

Insgesamt sind an Stickstoffkreisläufen in Ökosystemen mehrheitlich die in Boden und Wasser vorkommenden Stickstoffverbindungen beteiligt und nicht das molekulare  $\text{N}_2$  aus der Atmosphäre. Die Stickstoff-Fixierung ist zwar für die Entwicklung eines Pools an verwertbarem Stickstoff wichtig, sie liefert aber nur einen Bruchteil der jährlichen von der Vegetation aufgenommenen N-Gesamtmenge. Dennoch sind viele Pflanzenarten auf die Symbiose mit stickstoff-fixierenden Bakterien angewiesen, da diese ihren essenziellen Nährstoff in einer Form liefern, die sie assimilieren können (Campbell 1997).

### 1.5.3) Der Wasserkreislauf

Der Wasserkreislauf unterscheidet sich von den anderen Kreisläufen insofern, als der Fluss von Wasser durch Ökosysteme überwiegend durch physikalische und nicht durch chemische Prozesse erfolgt. Die Verbindung des Wassers ( $\text{H}_2\text{O}$ ) bleibt bei Transpiration (Verdunstung von Wasser durch Pflanzen), Evaporation (Verdunstung an der Bodenoberfläche) und in Niederschlägen erhalten.

Wasser ist für Organismen lebensnotwendig, obwohl diese nur einen winzigen Anteil der gesamten Wassermenge der Erde gebunden haben (Campbell 1997). Es trägt zur „Lebenstauglichkeit“ der Umwelt bei und transportiert verschiedene Substanzen in biogeochemischen Kreisläufen innerhalb von Ökosystemen sowie zwischen Ökosystemen. Der größte Teil der Wassermassen zirkuliert zwischen den Meeren und der Atmosphäre, angetrieben von Sonnenenergie, über Verdunstung und Niederschläge. Von den Oberflächen der Ozeane verdunstet mehr Wasser als in Form von Niederschlägen darauf zurückfällt; der restliche Wasserdampf wird durch Wind zum Festland transportiert. Über Landflächen überschreitet die Niederschlagsmenge die Summe von Evaporation und Transpiration. Durch Abfluss und das Grundwasser der Landflächen wird der Nettotransport von Wasserdampf aus den Meeren auf das Festland ausgeglichen (Campbell 1997).

Die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Wasser verändern sich durch den Einfluss des Klimas. In vielen Regionen besteht eine direkte Beziehung zwischen den  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten des Wassers und der Temperatur, wobei niedrige Temperaturen einen niedrigen  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert bedingen (Mays 2000). Bei hohen Temperaturen verdampft bevorzugt das leichtere Wasser ( $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ) im Vergleich zum schwereren Wasser ( $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ), was folglich zu einem erhöhten  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert führt. Diese Beobachtung gilt auch für Höhenunterschiede, da es in größeren Höhen in der Regel kälter ist, als in tieferen Regionen. Daher eignet sich das Material des Petersberges

(847m ü. NN) besonders für eine Höhenzonierung. Rezente Vergleichsdaten können für entsprechende Längen-, Breitengrade und Höhenangaben unter [www.waterisotopes.org](http://www.waterisotopes.org) (OIPC: *the online isotopes in precipitation calculator*) eingesehen werden.

Mit Hilfe der Bestimmung von stabilen Sauerstoffisotopen an historischem Skelettmaterial können Migrationen selbst einzelner Individuen erkannt werden (Budd et al. 2004, White et al. 1998).

## 2. Fragestellungen und Ziel der Arbeit

### *2.1) Rekonstruktion einer mittelalterlichen Bevölkerung anhand des Fundmaterials vom Petersberg bei Flintsbach am Inn*

Das von der VW-Stiftung geförderte Projekt „Ökosystem, Sozialstruktur und Wirtschaftsweise im mittelalterlichen Altbaiern“ (AZ II/78 868) betrifft die drei Kleinräume Kelheim, Igling und den Petersberg bei Flintsbach am Inn. Diese sollen innerhalb des „Projektes Altbaiern“ vergleichend untersucht werden. Von diesen Kleinräumen wurde in der vorliegenden Arbeit ausschließlich der Petersberg bearbeitet; folglich wird in dieser Arbeit vom „Projekt Petersberg“ gesprochen. Die Daten aus Kelheim und Igling werden lediglich vergleichend in der Diskussion herangezogen. Diese wurden – wenn auch in geringerem qualitativen Umfang – bereits früher bestimmt (Strott 2006).

Ziel des „Projekt Petersberg“ ist die Erforschung der Wirtschafts- und Sozialstruktur der Bevölkerung auf dem mittelalterlichen Petersberg. Das Projekt betrifft die ländliche Bevölkerung und will so einen Beitrag zur Erforschung der Alltagsrealität des Mittelalters leisten (Meier 2002). Der Blickwinkel der Schriftquellen wird gezielt erweitert, da diese überwiegend auf die hierarchische Spitze der Gesellschaft konzentriert bleiben. Es wird ein interdisziplinärer Ansatz verfolgt, der primär an den materiellen Hinterlassenschaften und den räumlichen Organisationsstrukturen im ländlichen Bereich orientiert ist.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftsweise steht die Produktion und Distribution agrarischer Produkte im Mittelpunkt, weil über die Nahrung ausnahmslos alle Mitglieder einer Gesellschaft erfasst werden (Meier 2002). Der größte Teil der mittelalterlichen Bevölkerung war außerdem mit der Produktion von Nahrung befasst. Gerade für den

ländlichen Bereich des mittelalterlichen Altbaiern ist die Quellenlage mäßig und die Forschung noch am Anfang (Meier 2002).

Innerhalb des interdisziplinären Projekts kann die Anthropologie wohl den größten Beitrag zur Rekonstruktion der Sozialstruktur leisten, weil keine andere Disziplin empirische Daten am einzelnen Individuum „produziert“ und daran eine Gruppierung nach Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten herausarbeiten kann. Dies trifft insbesondere auf den Petersberg zu, da hier meist keine Grabbeigaben gefunden wurden, was zum einen historische Gründe hat und zum anderen auf die lange Belegungsdauer und die damit entstandene Grabungssituation zurückzuführen ist (siehe unten).

Da die Bestattungen am Petersberg archäologisch drei unterschiedlichen Arealen (West, Südost, Nordost) zugewiesen werden können, muss gefragt werden, ob und wie sich die verschiedenen Areale anthropologisch unterscheiden. Statistische Analysen der erhobenen Daten sollen hier Klarheit verschaffen.

Da die bestatteten Individuen jedoch archäologisch nicht nur räumlich, sondern auch zwei zeitlich unterschiedlichen Schichten zugewiesen werden können, werden auch hier die Individuen mittels statistischer Tests auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten überprüft. Die jüngeren, spätmittelalterlichen Beisetzungen können als *in situ* angesprochen werden. Die älteren, hochmittelalterlichen Beisetzungen wurden wohl aufgrund Platzmangels für die zeitlich späteren Toten exhumiert und vor allem ihre Langknochen und Schädel oberhalb dieser neueren Bestattungen wieder in der Erde deponiert. Dies wird als *Verwurf* bezeichnet.

Mittels Analyse der stabilen Isotope (Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff) können die Ernährungsgewohnheiten der Menschen und Tiere des mittelalterlichen Petersbergs über eine relativ lange Zeitspanne hinweg rekonstruiert werden. Dafür werden Nahrungsnetze mit verschiedenen, für den mittelalterlichen Menschen relevanten Säugetierspezies

erstellt. Die Frage nach der Ernährungsweise der Menschen, die auf dem Petersberg beerdigt wurden, inklusive Aussagen über den Anteil an tierischem Protein und Fett in der Nahrung, kann durch diese Methoden konkret beantwortet werden. Dem natürlichen Nahrungsspektrum stehen die sozialen Bedingungen gegenüber, die meist darüber entscheiden, welche Nahrung auf wessen Tisch kommt (Meier 2002).

Der Lebensraum menschlicher Individuen kann in Höhenzonen unterteilt werden. Beim Petersberg (847m ü. NN) kann mittels Analyse stabiler Sauerstoffisotope daher eine Zuordnung einiger menschlichen Überreste des Friedhofs in die Kategorien „Bergbevölkerung“ und „Talbevölkerung“ erfolgen. Darüber hinaus werden Kontinuitäten und Divergenzen innerhalb und zwischen den Kategorien erarbeitet. Hierbei werden zum Beispiel morphologische Auffälligkeiten und der genaue Ort der Bestattung innerhalb des Friedhofs abgeglichen.

Insgesamt lag somit der Fokus der vorliegenden Untersuchung auf folgenden Punkten:

1. Identifikation unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen des Petersberger Friedhofes im Hinblick auf zeitliche und sozial unterschiedliche Bevölkerungsanteile;
2. Bestimmung der Nahrungsgewohnheiten dieser verschiedenen Gruppen
3. Analyse von Krankheiten in den Gruppen mit besonderem Schwerpunkt auf dem molekularen Nachweis von Tuberkulose.

## ***2.2) Untersuchung von frühneuzeitlichen Bestattungen in der Krypta von St. Michael, Sulzbürg, Oberpfalz***

Der Untersuchungsschwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf dem Fundmaterial der mittelalterlichen Population des Petersbergs. Dieses sollte in einem zweiten Schritt mit einer Stichprobe verglichen werden, die eine frühneuzeitliche Bevölkerung mit wiederum spezifischen sozialen „Eigenschaften“ umfasst. Hierzu standen die Gruftbestattungen der Wolfsteiner zur Verfügung, die als Geschlecht der Sulzbürger der Adelsschicht angehörten. Von den meisten Individuen aus der Gruft sind – im Gegensatz zum Petersberg — Individualdaten wie genaues Alter, Geschlecht oder Krankheitsgeschehen vorhanden (Graw et al. 2008). Da diese Bestatteten einer anderen Zeit, einem anderen Ort und einer anderen sozialen Schicht angehörten, ist ein Abgleich dieser Daten und deren Interpretation von großem Interesse. Hier stellen sich Fragen zum Krankheitsgeschehen und/oder den Todesursachen, aber auch Fragen zur unterschiedlichen Ernährungsweise.

Zusammenfassend ergeben sich somit für den zweiten Teil des Untersuchungsansatzes folgende Fragen:

1. Gibt es Unterschiede im Ernährungsspektrum zwischen der frühneuzeitlichen Bevölkerungsgruppe von Sulzbürg und den zuvor bestimmten Populationen vom Petersberg? Lassen sich diese hinsichtlich des Ernährungsausmaßes gegebenenfalls zueinander einordnen?
2. Lassen sich in der sozial hochstehenden Gruppe der Wolfsteiner Krankheiten nachweisen (Schwerpunkt Tuberkulose-Nachweis)? Wie fällt ein Vergleich zwischen den Wolfsteinern und den Bevölkerungsgruppen des Petersberges aus?

### **3. Material**

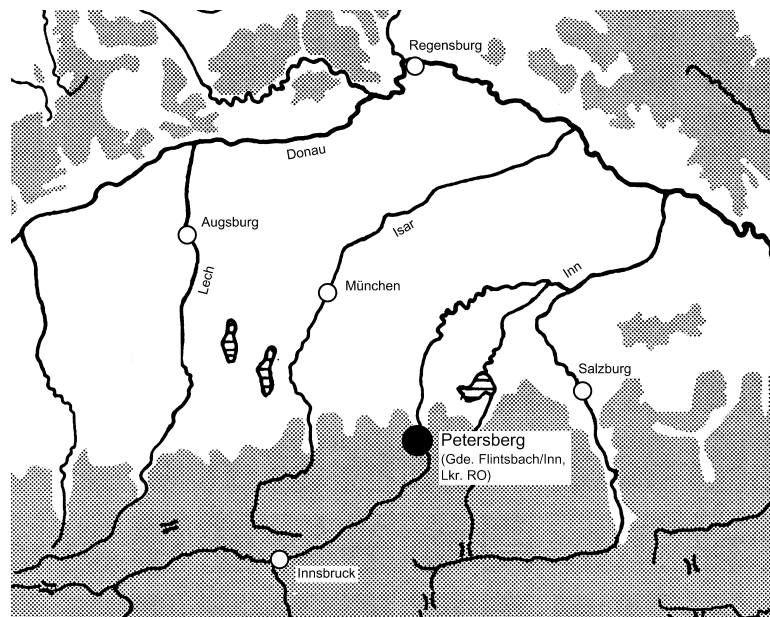
In der vorliegenden Untersuchung wurde im Rahmen eines interdisziplinären Projektes eine ausführliche Untersuchung der menschlichen Bestattungsreste des mittelalterlichen Friedhofsareals vom Petersberg durchgeführt. Zum Vergleich methodischer Aspekte und zur Gewinnung von Vergleichsdaten wurde eine Stichprobe frühneuzeitlicher menschlicher Überreste aus Gruftbestattungen der Krypta von Sankt Michael in Sulzbürg/Oberpfalz in Teile der Untersuchungen einbezogen.

#### ***3.1) Der Petersberg***

##### **3.1.1) Geographische Lage und Topographie des Petersberges**

Der Kleine Madron zählt zu den Vorbergen des Großen Riesenkopfes und liegt in der Gemeinde Flintsbach am Inn im Landkreis Rosenheim in Oberbayern. Der Volksmund nennt ihn nach der weithin sichtbaren Peterskirche auf seinem Gipfel „Petersberg“. Er befindet sich genau an jenem Punkt, an dem der Inn aus den Alpen in das spätglazial geformte Rosenheimer Becken tritt (Meier 1998). An dieser Stelle weitet sich das Inntal auf der linken Flussseite zu einem Siedlungsraum von etwa 5 x 2,5km Ausdehnung, der heute von den Gemeinden Flintsbach und Brannenburg eingenommen wird. Etwa 15km nördlich liegt die Stadt Rosenheim, eine wittelsbacher Gründung des 13. Jahrhunderts. Im heutigen Stadtgebiet mündet die Mangfall von Westen in den Inn. Während der Unterlauf der Mangfall und das Mündungsgebiet früher stark vermoort waren, erstreckte sich weiter nach Westen hin eine breite ackerbaulich nutzbare Ebene. Diese Ebene wurde bereits in römischer Zeit von der Fernstraße Augsburg-Salzburg durchzogen (siehe Abbildung 6).





**Abbildung 6: Geographische Lage des Petersberges (mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier)**

Obwohl sich der Petersberg (847m ü. NN) nur knapp 400m über den Inn erhebt, gehört er bereits zum alpinen Ökopenraum (siehe Abbildung 7). Dies gilt insbesondere für Flora und Fauna, die Vegetationsperiode sowie die Plötzlichkeit und Intensität von Wetterumschwüngen. Mit kleinen Einschränkungen ist der Petersberg auf einem Areal von etwa 50 x 160m Größe siedlungstechnisch nutzbar, was einer Fläche von 0,6 bis 0,7ha entspricht (Later 2003). Der Gipfel des Petersbergs ist plateauartig abgeflacht und gliedert sich in vier Bereiche: Auf der obersten Ebene stehen heute die Kirche St. Peter und das im 16. Jahrhundert errichtete Gebäude der ehemaligen Propstei. Nach Westen schließt sich etwas tiefer eine weitere, künstlich terrassierte Ebene an, bei der es sich wohl um einen mittelalterlichen Steinbruch handelt (Later 2003).



**Abbildung 7: Der Petersberg von oben mit Blick in das Inntal (mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier)**

Noch weiter westlich und durch eine Felskante abgesetzt folgt ein kleiner Sattel, von dem bislang nur vorgeschichtliche und römische Funde bekannt sind. Nach Norden gehen die verschiedenen Ebenen des Gipfels in einen mäßig steilen Hang über, von dem Funde aus dem 8.-11. Jahrhundert, an der Ostspitze auch aus der Spätantike, stammen (Later 2003). Abgesehen von einem nach Westen fallenden Grat, der den bequemsten Zugang auf den Berg bietet, wird der Gipfel in allen anderen Himmelsrichtungen durch fast einhundert Meter tief abstürzende Felswände begrenzt. Ein historischer Zugang ist allerdings auch für die Ostseite belegt.

### **3.1.2) Ausgrabung und archäologischer Forschungsstand**

Die Ausgrabungen auf dem Gipfel des Petersbergs begannen 1997 und wurden bis 2004 jährlich in sechs- bis achtwöchigen Grabungskampagnen durch das Institut für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie und Provinzialrömische Archäologie der Ludwig-Maximilians-Universität München unter Leitung von Dr. Thomas Meier geführt (zur

Grabung bislang Later 2003, Meier 1998, Meier 1998/1999, Meier 2001, Meier & Wild 2003/2004). Die menschlichen Überreste wurden teilweise vom Department I/ Biodiversitätsforschung/ Anthropologie unter Leitung von Frau Prof. Dr. Gisela Grupe gegraben.

Typisch für den Alpenraum ist eine nur dünne Humusdecke über dem oft direkt darunter liegenden Dolomit- und Kalksteinfelsen. Stellenweise liegt auf dem Felsen des Petersberges zwischen Humus und Fels noch ein Verwitterungshorizont aus gelblichbraunem Lehm mit Gesteinsbrocken. Häufig durchbricht der Felsen die Humusdecke und die Grasnarbe. Solche Bodenbedingungen lassen in der Regel keine ausgeprägte Stratigraphie erwarten (Later 2003, Meier 1998/99). Hinzu kommt eine natürliche Hangerosion, die an den Rändern des allseitig steil abfallenden Bergplateaus der archäologischen Substanz über die Jahrhunderte hinweg massiv zusetzte (Meier 1998/99). Neben den natürlichen Faktoren spielt auch die Nutzung des Gipfels durch den Menschen eine Rolle für die Funderhaltung. Im Mittelalter wurden große Flächen des Berges massiv umgestaltet, auf dem Plateau wurden innerhalb weniger Jahrhunderte verschiedene Steingebäude errichtet und wieder abgerissen, so dass sich ältere Siedlungsspuren in diesem Bereich kaum erhalten haben. Zu einem bislang nicht näher bestimmten Zeitpunkt in der frühen Neuzeit wurde westlich der Kirche das Erdreich bis auf Höhe der Bestattungen abgegraben und durch eine massive Bauschuttschicht ersetzt (Later 2003). Dabei wurden die obersten noch erhaltenen Skelette beschädigt; es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei diesem Bodenabtrag eventuell weiter oben befindliche Gräber vollständig beseitigt wurden.

Der Bereich südlich der Kirche wurde im 18. Jahrhundert planiert und umgestaltet, um die nun auf den Berg strömenden Wallfahrermassen besser aufnehmen zu können (Meier 1998/99). Dabei wurden mehrere Felserhebungen mit allen darauf befindlichen archäologischen Schichten und Mauerresten gekappt und über den Südhang geschoben,

so dass gerade im Südwesten des Plateaus heute direkt unter der Grasnarbe der Felsen zu Tage tritt (Meier 1998/99). Zuletzt, Anfang der siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts, wurde das Geländere relief durch die Anlage einer geschotterten Fahrstraße verändert; 2004 wurde südlich des Gasthauses im Bereich des ehemaligen Gemüsegartens eine Hütte errichtet und für deren Fundament das Erdreich unbeobachtet beseitigt.

Diese gravierenden anthropogenen und erosionsbedingten Eingriffe hatten empfindliche Folgen für die archäologische Stratigraphie. Aufgrund der relativ dünnen Substratauflagerung auf dem Felsen wurden archäologische Schichten im Laufe der Jahrhunderte immer wieder umgelagert und gestört, so dass ein Teil des älteren Fundmaterials in jüngere Schichten verlagert wurde und stratigraphisch wenig aussagekräftig ist. Der Friedhof auf dem Petersberg wurde ebenfalls über Jahrhunderte genutzt. Da immer wieder am gleichen Platz beerdigt wurde, wurden meist ältere Bestattungen durch jüngere Bestattungen gestört und die älteren Knochen verworfen. Infolgedessen wird auch das Skelettmaterial als *in situ* für ungestörte (eher jüngere) Skeletteile im anatomischen Verbund und als *Verwurf* für verworfene (eher ältere) Skelettelemente bezeichnet (siehe Abbildungen 8 und 9).



**Abbildung 8: In situ Skelette aus Schnitt 22/25 mit einem Maßstab von einem Meter (mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier)**



**Abbildung 9: Verwurf in Schnitt 22 mit einem Maßstab von einem Meter**

Nur in wenigen Bereichen, vor allem in Felsspalten und in im Relief insgesamt tiefer gelegenen Arealen auf dem Gipfelplateau, sind größere Flächen mit intakten Schichten des hohen und späten Mittelalters vorhanden.

Gegraben wurde auf dem Petersberg in Schnitten unterschiedlicher Größe (siehe Abbildung 10).

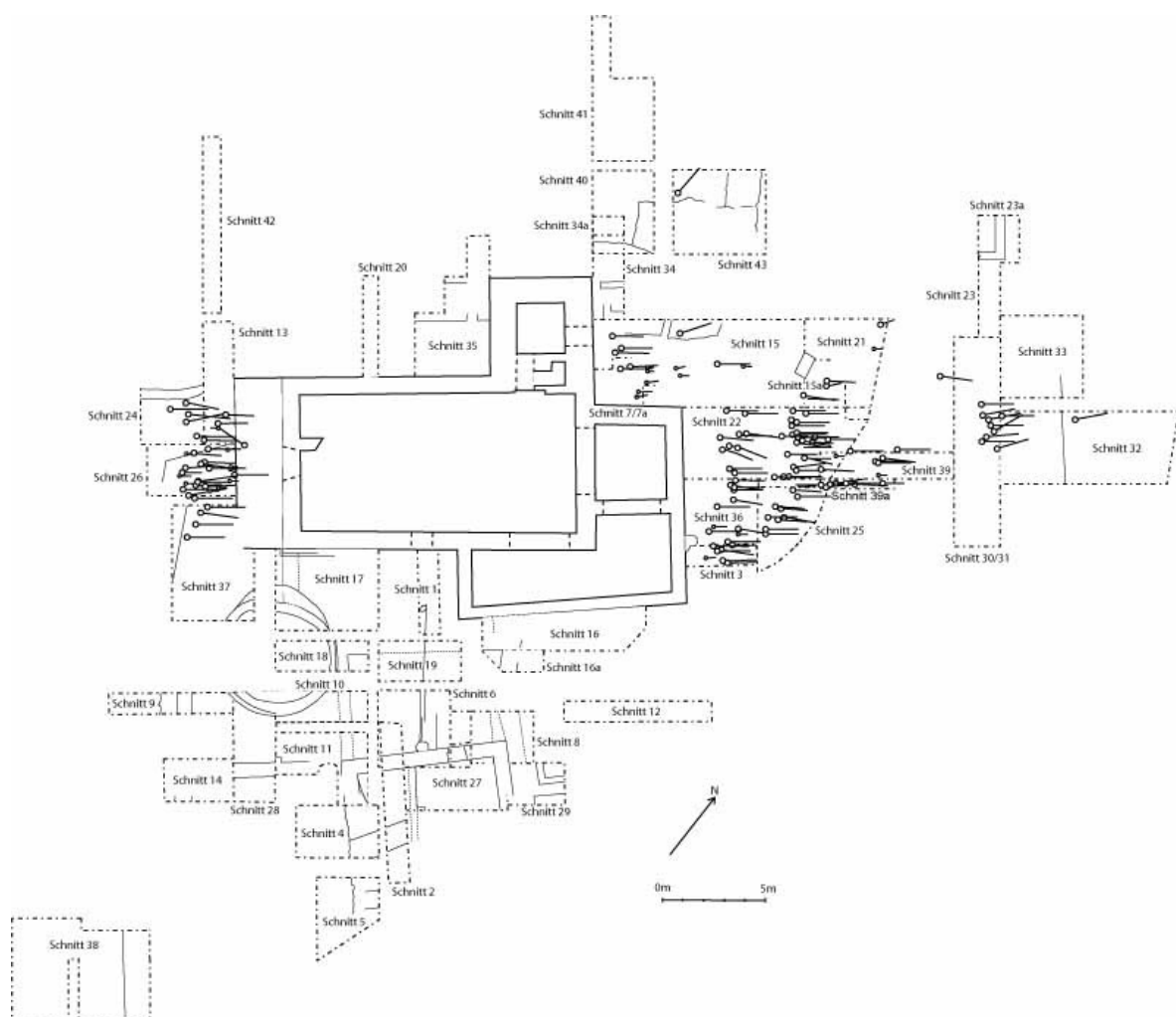


Abbildung 10: Grabungsplan mit Schnitten und Fundstellen der menschlichen Überreste (mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier)

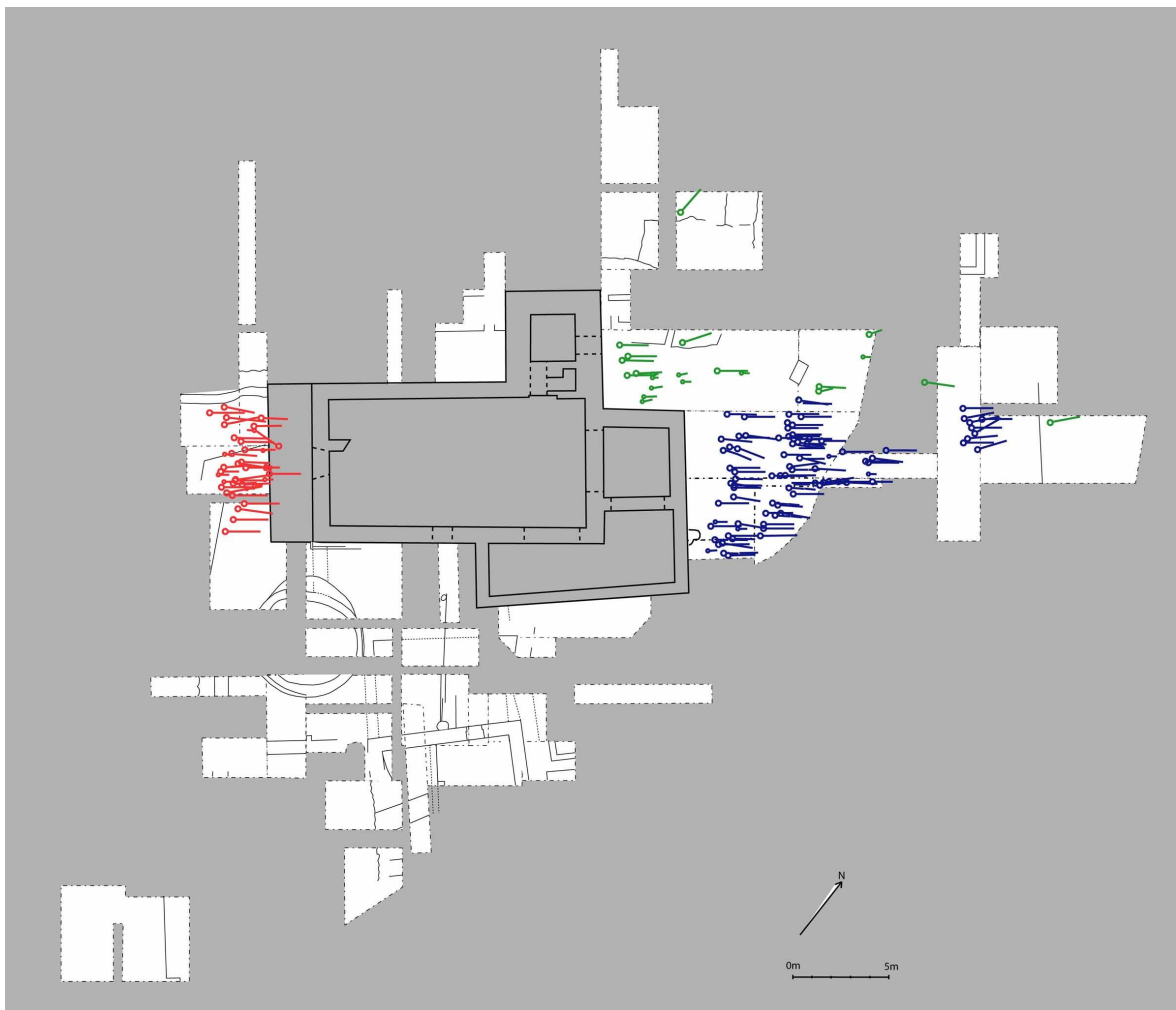
Die Fundtrennung erfolgt nach Kampagne, Schnitt und Befund, wobei von Anfang an durchlaufende Befundnummern vergeben wurden. Bei der anthropologischen Bearbeitung des Skelettmaterials kamen teilweise weitere, von den Archäologen nicht vergebene Befundnummern zum Einsatz. Dies war zum Beispiel dann der Fall, wenn mehrere Individuen nur eine einzige „archäologische“ Nummer zugeteilt bekommen hatten. Meist wurden hier Buchstaben in alphabetischer Reihenfolge an die gleich bleibende Nummer angehängt.

Bis auf wenige Ausnahmen wurde der gesamte Abraum gesiebt, begonnen mit dem Entfernen der Grassoden, da erfahrungsgemäß bereits der erste Abstich zahllose Kleinfunde sowohl moderner als auch mittelalterlicher Provenienz in sich birgt. Das Fundmaterial war durch die häufige Umlagerung des Bodensubstrates stark fragmentiert. Durch konsequentes Sieben mit engmaschigem Gerät (0,4 cm) erklärt sich der enorme Anfall an kleinen und kleinsten Fundstücken, die sonst nicht entdeckt worden wären, wie zum Beispiel Münzen und Perlen.

Der Friedhof wurde von den Archäologen in drei Areale unterteilt: West, Nordost und Südost. Dies wurde mit archäologischen Kriterien wie Belegungsstruktur und Anordnung der Skelette gerechtfertigt. In Abbildung 11 sind die drei Friedhofsareale mit den Farben rot, grün und blau gekennzeichnet. Zur Zeit der Beerdigungen auf dem Petersberg wurden Verstorbenen keine Grabbeigaben mehr mitgegeben, so dass eine soziale Stratifizierung über diese Kriterien nicht möglich ist.

Bei der ersten Grabungskampagne 1997 wurden die Schnitte eins bis drei gegraben, 1998 die Schnitte drei bis neun, 1999 die Schnitte sechs und acht bis 14, im Jahr 2000 die Schnitte 15 bis 20, 2001 die Schnitte 17 und 22 bis 24, 2002 die Schnitte 21, 22 und 25 bis 31, 2003 die Schnitte 28 bis 38. In der letzten Grabungskampagne 2004 wurden schließlich die Schnitte 39 bis 43 gegraben.





**Abbildung 11: Grabungsplan mit gekennzeichneten Friedhofsarealen. West = rot, Nordost = grün und Südost = blau (mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier)**

### 3.1.3) Bearbeitung der Tierknochen

Die Bearbeitung des Petersberger Tierknochenmaterials durch Frau Susanne Bischler M.A. ist noch nicht vollständig abgeschlossen, der Großteil der Funde ist aber bereits bearbeitet. In dieser Arbeit wurden einige der von Frau Bischler bereits bestimmten Tierknochen für die Analyse der stabilen Isotope herangezogen. In dieser Dissertation werden Daten mit einem Arbeitsstand von August 2006 verwendet. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden 27308 Tierknochen mit einem Gesamtgewicht von über 62kg erfasst. Davon konnten 10574 Knochen mit einem Gewicht von über 48kg einer bestimmten Tierart zugeordnet werden. Ein bestimmbarer Knochen des Fundguts wiegt also ca. vier Gramm. Knochen, die keiner



Tierart zugeordnet werden können, haben ein durchschnittliches Gewicht von unter einem Gramm (Bischler 2006). Der Großteil des Tierknochenmaterials kommt aus den Schnitten zehn, 17, 18 und 37. Die Schnitte 41 und 42 (siehe Abbildung 10) enthielten ebenfalls viele Tierknochen. Diese Schnitte sind am Abhang gelegen, was für Abraum und Müllentsorgung als Ursache für die gehäuften Funde spricht. Das gesamte Material ist stark fragmentiert und enthält zahlreiche Knochen von Singvögeln, Nagern, Amphibien und Fischen. Das breite Artenspektrum macht den Fundort aus archäozoologischer Sicht bedeutend.

**Tabelle 2: Vorläufige Auswertung der Tierknochen des Petersberges – Artenspektrum und Verteilung (modifiziert nach Bischler 2006)**

<b>Haustiere</b>	Anzahl	Gewicht (g)	<b>Vögel</b>	Anzahl	Gewicht (g)	<b>Wildsäugertiere</b>	Anzahl	Gewicht (g)
Pferd	8	335	Huhn	475	210	Rothirsch	3	31
Rind	3.793	30.266	Gans	17	23	Reh	9	13
Schaf	24	174	Stockente	11	5	Feldhase	51	20
Schaf/Ziege	2.772	5.478	Rebhuhn	1	1	Biber	1	3
Ziege	32	271				Braunbär	4	15
Schwein	3.302	11.265				Rotfuchs	4	2
Hund	24	31				Dachs	1	3
Katze	42	35						
<b>Summe</b>	<b>9.997</b>	<b>47.855</b>		<b>504</b>	<b>239</b>		<b>73</b>	<b>87</b>

### *Die Haustiere*

Die Haus- oder Wirtschaftstiere bildeten für die Siedlung auf dem Petersberg die Ernährungsgrundlage für die Versorgung mit tierischem Eiweiß (siehe Tabelle 2 und Abbildungen 12, 13), wobei das Pferd als Nahrungsmittel keine Rolle gespielt haben dürfte, da es im Fundgut fast gänzlich fehlt.

Mit einem Gewichtsanteil von über 60% war das Rind das wichtigste tierische Nahrungsmittel am Petersberg. Auffällig am Material ist der relativ hohe Anteil an Kälberknochen, die teilweise jünger als drei Monate bestimmt werden konnten. Das lässt vermuten, dass viele Kälber bereits in den ersten Wochen nach der Geburt, ohne nachvollziehbare Notwendigkeit, wie zum Beispiel durch den Wintereinbruch, getötet wurden. Die Jungtiere könnten außer für die Fleischgewinnung auch deshalb so früh geschlachtet worden sein, um die Milch der Muttertiere ausschließlich für den menschlichen Verzehr (Milch, Käse, Butter) verwenden zu können. Für eine Intensivierung der Milchwirtschaft ist es notwendig, die Kälber bald nach der Geburt zu schlachten, falls keine Ersatznahrung zur Verfügung steht. Am Petersberg zeichnet sich durch die hohe Zahl an Kälberknochen eben diese Spezialisierung ab. Dabei wurde das Milchvieh wahrscheinlich nicht nur in der Ansiedlung auf dem Petersberg gehalten, sondern vor allem auf den höher gelegenen Almen der Umgebung. Eine intensive Weidehaltung von Rindern in den höher gelegenen Gebieten im Spätmittelalter wurde durch die paläobotanische Untersuchung des Arzmoos aufgrund eines Pollendiagramms belegt (Peters 2006, persönliche Mitteilung). Die zusätzliche Haltung von Rindern auf Weideflächen im Tal ist ebenfalls wahrscheinlich, da hier der anfallende Mist als Dünger auf die Felder aufgebracht werden konnte. Dies konnte durch Phosphatuntersuchungen des Bodens nachgewiesen werden (Früchtl 2006, persönliche Mitteilung).

Der Anteil von Schaf- und Ziegenknochen im Fundgut ist relativ hoch (siehe Tabelle 2 und Abbildungen 12, 13). Dies mag daran liegen, dass das bergige Gelände bestens für die Ziegenhaltung geeignet ist; auf den Wiesenflächen finden auch Schafe, die weniger gut klettern können, ausreichend Nahrung. Unter den eindeutig zuzuordnenden Schafsknochen sind hauptsächlich männliche Tiere vertreten, was für eine Haltung der Schafe vornehmlich zur Wollgewinnung und Talgproduktion spricht. Bei den Ziegen konnten dagegen mehr Knochen jungen Tieren zugeordnet werden, was auch hier auf eine Haltung zur Milchgewinnung schließen lässt.

Das Schwein nimmt mit 24 Gewichtsprozent die zweitgrößte Gruppe der Tierknochenfunde ein (siehe Tabelle 2 und Abbildungen 12, 13), es wurde am Petersberg wohl zur Fleischgewinnung gehalten. Dabei fällt auf, dass ältere Tiere im Fundgut relativ häufig vorkommen. Hierbei handelt es sich meist um männliche Tiere, die in einem Alter von über drei Jahren geschlachtet wurden. Scheinbar legte man Wert auf das fetthaltige Fleisch der Eber. Es ist aber auch eine anderweitige Nutzung des Fettes (Schmalz) als Brenn- oder Schmiermittel vorstellbar (Bischler 2006).

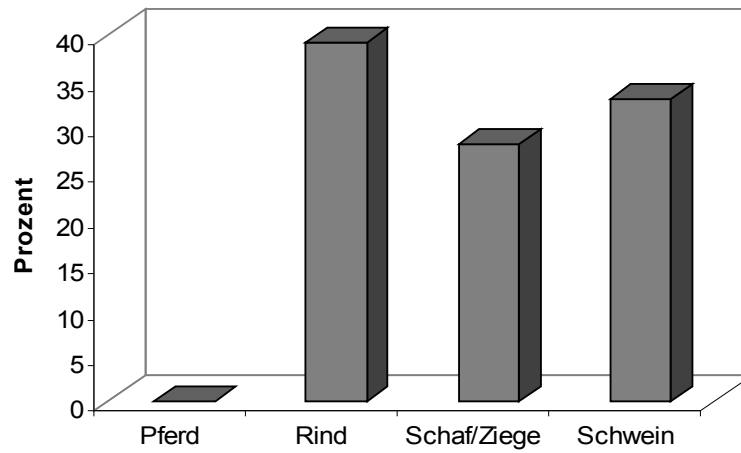


Abbildung 12: Verteilung der Wirtschaftssäugetiere nach Anzahl  
(modifiziert nach Bischler 2006)

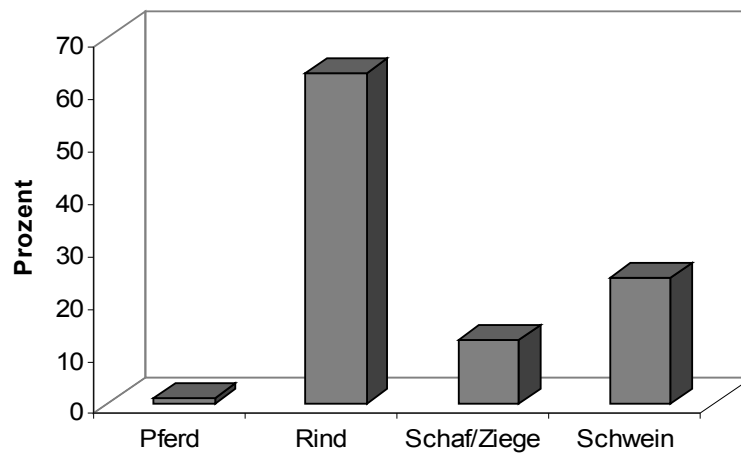


Abbildung 13: Verteilung der Wirtschaftssäugetiere nach Gewicht  
(modifiziert nach Bischler 2006)

### *Die Wildtiere*

Der Anteil an Knochen von Jagdtieren im Fundmaterial des Petersberges ist relativ gering (siehe Tabelle 2). Einzig der Feldhase scheint tatsächlich gejagt worden zu sein. Andere Wildsäugetierknochen wie zum Beispiel von Rothirsch oder Braunbär treten nur vereinzelt auf und müssen noch genauer ausgewertet werden.

Es zeichnet sich bereits zum derzeitigen Kenntnisstand ab, dass das am Petersberg entdeckte Artenspektrum ein neues Licht auf die damalige Fauna des nördlichen Alpenrandes werfen wird. Von besonderem Interesse wird die artenspezifische Auswertung der zahlreichen Fischknochen sein, die im gesamten Siedlungsbereich zu finden sind. Der Fischanteil in der Ernährung der Petersberger Bevölkerung ist nach bisherigen archäozoologischen Erkenntnissen relativ hoch. Sicherlich ist die hohe Anzahl an Fischknochen auch der genauen Grabungstechnik (Sieben) zu verdanken; noch von Bedeutung wird hierbei die Klärung der Herkunft der Fische sein. Nach der Artenbestimmung muss festgestellt werden, ob die vorliegenden Funde aus der unmittelbaren und näheren Umgebung des Petersberges stammen oder ob der Fisch über weitere Strecken, zum Beispiel aus Mittelmeerregionen, verhandelt wurde (Bischler 2006).

### **3.1.4) Historische Überlieferungen**

Ab dem späteren Mittelalter liegen über die Propstei mehrere schriftliche Nachrichten vor. Dies sind unter anderem Inventarlisten, die einen Eindruck von der spätmittelalterlichen Kirchengeschichte vermitteln, zu der aber auch einige hochmittelalterliche Ausstattungstücke gehörten (Rosenegger 1989). Es existieren außerdem verschiedene Salbücher, die über den Besitz der Propstei auf dem Petersberg Auskunft geben (Rosenegger 1989).

### Das Kloster

Meier (1998/99) versuchte, die Frühgeschichte der Besiedlung und die Gründung des Klosters aus den wenigen vorhandenen Schriftquellen zu rekonstruieren, wobei jedoch mehr Fragen aufgeworfen als geklärt werden konnten. Die im Andechser Missale überlieferte Gründungslegende, der zufolge das Kloster im 10. Jahrhundert entstand, ist wohl eher eine Erfindung des 13. oder 14. Jahrhunderts (Meier 1998/99). Folglich ist die dort geschilderte gewaltsame Zerstörung des Klosters 1296 AD ebenfalls nicht gesichert. Eine Gründungsurkunde für das Kloster existiert nicht, obwohl die Petersberger Registratur von 1702 AD eine ebensolche, heute allerdings verschollene, aus dem Jahre 1063 AD beschreibt (Meier 1998/99). Zu dieser Urkunde steht in der Registratur ein Kommentar, der vermutlich auf ältere Quellen zurückgreift und der die Rolle der Klostergründer den Grafen von Dießen, den späteren Andechs-Meraniern, um das Jahr 1100 AD zuweist (Meier 1998/99). Laut diesem Kommentar sei 1132 AD die Gründung des Klosters durch eine Papstbulle von Innozenz II. bestätigt worden. Jedoch sind diese Quellenangaben in sich weder stimmig noch nachprüfbar (Later 2003). Das fälschlicherweise wiederholt zitierte Jahr 1139 AD darf nicht als Hinweis auf das Kloster gelten, in dem Otto von Freising für Graf Siboto von Falkenstein die Weihe eines *altare portatile* vollzog. Da es sich dabei um einen Tragaltar handelte, muss er sich nicht unbedingt in der Petersberger Kirche befunden haben. Eine Nutzung des *altare portatile* wäre ebenfalls in einer der Falkensteiner Burgkapellen auf der Rachelburg oder der Neuenburg möglich (Later 2003).

Historisch sicher belegt ist das Kloster auf dem Petersberg erst im Jahr 1163 AD, als es im Besitz der Grafen von Falkenstein war. Zu jenem Zeitpunkt schenkte Siboto IV. das Kloster mit allen Besitzungen unter Beibehaltung der Erbvogtei dem Domstift Freising (Meier 1998/99).

### *Die Kirchengenausstattung*

Inventarlisten der Sakristei- und Kirchengenausstattung liegen seit dem Spätmittelalter vor. Damit kann die hochmittelalterliche Kirchengenausstattung weitgehend rekonstruiert werden. Der älteste Beleg ist ein Sakristei-Inventar aus der Mitte des 14. Jahrhunderts mit jüngeren Ergänzungen. Laut diesem Dokument befanden sich damals folgende liturgische Gegenstände als Ausstattung in der Kirche: ein mit Silberblech verkleideter Tragaltar, eine kleinere und eine größere vergoldete Monstranz aus Silber, ein vergoldetes Silberkreuz mit Reliquien, ein silbernes Armreliquiar mit einem Finger des Hl. Nikolaus und einer Stifterinschrift eines Grafen Siboto, eine Reliquie der Hl. Walburga in einem silbernen Reliquiarschrein, ein vergoldeter Hostienbehälter aus Kupfer, vier Kelche, vier Messbücher, sieben Messgewänder, drei Stundenbücher, ein Gradualbuch, ein Brevier und ein Psalmenbuch. Keiner dieser Gegenstände ist heute mehr vorhanden (Rosenegger 1989).

### *Das Wallfahrtsziel*

Auf dem Petersberg gab es bereits im Mittelalter eine regionale Wallfahrt, wie man aus dem Salbuch von 1390/1459 AD erfährt (Rosenegger 1989). Später betrieben Pfarreien aus der näheren Umgebung und aus dem Tiroler Inntal eine regelmäßige Wallfahrt auf den Petersberg. Vor allem im 17. und 18. Jahrhundert war der Petersberg das Ziel vieler Wallfahrer. Die überlieferten Zahlen von 4000 bis 5000 Wallfahrern jährlich zwischen 1709 AD und 1712 AD unterstreichen den wichtigen wirtschaftlichen Faktor, den die Wallfahrer für die Propstei darstellten (Rosenegger 1989). Das religiöse Leben auf dem Petersberg wurde mit der Säkularisation für einige Zeit unterbrochen. Im Jahr 1820 AD wurde die 100-Jahr-Feier der Herz-Jesu-Bruderschaft aber bereits mit einer erneuten Wallfahrt begangen. Bis heute ist die Kirche auf dem Petersberg regelmäßig Ziel von Wallfahrten.

### 3.1.5) Zeitstellung

Einige der menschlichen Petersberger Knochen wurden für eine  $^{14}\text{C}$ -Datierung zu Dipl. Phys. Andreas Scharf in das Physikalische Institut der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg geschickt (siehe Tabelle 3). Hierfür wurden von den Archäologen gezielt Individuen ausgewählt, die der Stratigraphie nach als relativ alt oder relativ jung gelten durften, um die Belegungsspanne der Begräbnisplätze eingrenzen zu können. Dabei handelte es sich allerdings um Individuen, welche *in situ* vorgefunden wurden, es kann also nicht ausgeschlossen werden, dass sich im Verwurf noch ältere Individuen befinden. Wegen der vergleichsweise großen Zahl von  $^{14}\text{C}$ -Datierungen ist es aber wahrscheinlich, dass die gesamte Nutzungszeit der Begräbnisplätze erfasst wurde.

Tabelle 3: Ergebnisse der  $^{14}\text{C}$ -Datierung des Skelettmaterials

Befund-Nr.	Schnitt	Wahrscheinlichkeit 68,3% (in Jahren AD)	Wahrscheinlichkeit 95,4% (in Jahren AD)
71	3	899-1030	890-1150
83	7	1041-1163	1029-1209
289	13	1034-1154	1019-1210
557	22	979-1147	899-1154
659	22	1291-1391	1282-1402
710	22	902-1116	894-1152
733	22/25	1261-1383	1221-1390
735	22/25	1050-1224	1041-1260
635	26	1039-1156	1021-1211
642	26	1019-1152	987-1172
744	26	901-1116	893-1152
777	32	1226-1292	1212-1386



<b>Befund-Nr.</b>	<b>Schnitt</b>	<b>Wahrscheinlichkeit 68,3% (in Jahren AD)</b>	<b>Wahrscheinlichkeit 95,4% (in Jahren AD)</b>
832	36	1280-1388	1271-1398
833	36	1256-1382	1218-1389
1031	39	1303-1400	1288-1415
1099	39	899-1035	891-1151
1101	43	1049-1221	1039-1257

Der Großteil der Proben datiert in das 10. bis 14. Jahrhundert. Das bedeutet, dass die auf dem Petersberg beerdigten Individuen in einem relativ langen Zeitraum von ca. 500 Jahren lebten. Einige Individuen datieren in das Ende des Frühmittelalters (6.-11. Jahrhundert), andere in das Hochmittelalter (11.-13. Jahrhundert) und wiederum einige in den Anfang des Spätmittelalters (13.-15/16. Jahrhundert). Die in Erlangen untersuchten Individuen des Westteils (289, 635, 642, 744) datieren in eine maximale Zeitspanne von 893 bis 1211 AD, ca. über 300 Jahre. Werden die Daten mit der archäologischen Datierung kombiniert, ergibt sich hier ein Belegungszeitraum von 950 bis 1250 AD (Meier, persönliche Mitteilung).

Die zwei Individuen des Nordostteils (83, 1101) datieren von 1029 bis 1257 AD, ca. über 200 Jahre. Die Individuen des Südostteils (71, 557, 659, 710, 733, 735, 777, 832, 833, 1031, 1099) datieren in eine Zeitspanne von 890 bis 1415 AD, ca. über 500 Jahre. Hierfür wurde die 95,4% Wahrscheinlichkeit (2 Sigma) herangezogen. Für das Südostareal kann mittels dieser Daten und der archäologischen Datierung ein Belegungszeitraum von 950 bis 1350 AD festgelegt werden (Meier, persönliche Mitteilung). Die Daten implizieren, dass der Südostteil des Friedhofs am längsten belegt war, während die Belegung des Westteils etwa zur selben Zeit begann, aber ca. 100 Jahre früher endete. Im Nordostteil wurde erst ca. 100 Jahre später bestattet, aber in etwa nur so lange wie im Westteil.

Later (2003) postulierte mehrere Siedlungsphasen auf dem Petersberg, die in dieser Arbeit aufgegriffen werden: Siedlungsphase 1 reichte vom Frühmittelalter bis in das frühe Hochmittelalter (7.-11. Jahrhundert). Archäologische Funde legen nahe, dass sich in dieser Zeit auch Mitglieder des Adels hier aufhielten; über eine frühe Burganlage wird spekuliert. Siedlungsphase 2 zeichnet sich durch sehr qualitativvolle und kostbare Fundstücke aus, die eindeutig einer Kirchengestaltung zuzurechnen sind. Diese „klösterlich“ genannte Siedlungsphase reichte vom 12. bis zum 13. Jahrhundert. Mit dem späten 13. oder 14. Jahrhundert beginnt Siedlungsphase 3. Es kommt zu einem Rückgang qualitativvoller Fundstücke zugunsten von Stücken mit eher säkularem Charakter. Siedlungsphase 4 beginnt im Laufe des 16. Jahrhunderts und ist für die anthropologische Fragestellung nicht weiter von Interesse, da zu diesem Zeitpunkt sicher keine Bestattungen mehr auf dem Petersberg stattfanden.

### ***3.2.) Die Wolfsteiner aus Sulzbürg***

Das Geschlecht der Sulzbürger, später Wolfsteiner, stammt aus einem zunächst „einfachen“ Dorfadler, der durch günstige Umstände, kluges Taktieren und Fürsprache aus höheren Ständen immer mehr an Bedeutung gewinnen konnte. Im Jahre 1353 AD gewährte Kaiser Karl IV. den Sulzbürgern ein Reichslehen. Dieses war eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung einer eigenen Landespolitik und sicherte den Wolfsteinern eine gewisse Unabhängigkeit von übergeordneten Landesherren wie den Wittelsbachern und dem Bischof von Eichstätt. Die Gunst der Kaiser ermöglichten dem Geschlecht 1522 AD den Aufstieg zu Freiherren und schließlich, 1673 AD, zu Reichsgrafen (Kurz 2008). Die Sulzbürger regierten zwar über zwei verhältnismäßig kleine Gebiete, wegen der mit ihrer Regentschaft einher gehenden Subsistenz und den fälligen Naturalabgaben kann man jedoch davon ausgehen, dass sie ein relativ sorgenfreies Leben führten. Es sind zahlreiche offizielle Funktionen der Sulzbürger belegt, die diese im Rahmen ihrer reichsunmittelbaren Funktion zu erfüllen hatten. Durch die Erhebung in

den Reichsgrafenstand gewannen die Sulzbürger weiteren politischen Einfluss; weibliche Mitglieder der Familie wurden nun begehrte Heiratspartner und durch Verbindungen zu den Markgrafen von Brandenburg konnte die politische Stellung weiter untermauert werden (Kurz 2008).

### **3.2.1) Die Kirche Sankt Michael in Sulzbürg und die Fürstengruft**

Über die Vorgängerbauten der barocken Schlosskirche ist nur wenig bekannt. Es kann als einigermaßen gesichert gelten, dass mindestens ab dem Jahr 1230 AD auf dem Sulzbürger Schlossberg eine Kirche stand. Eine erste urkundliche Erwähnung stammt aus dem 14. Jahrhundert (Kießling 2008). Für die Jahre 1609/1610 AD gibt es Belege über eine Renovierung der Kirche unter Hans Adam von Wolfstein. Hierbei wurde ein neuer Altar eingebaut und das Kirchengebäude umgestaltet. Beim Neubau von 1719-1723 AD wurden Teile der alten Kirche wieder verbaut (Kießling 2008). Dieser Neubau gab der Schlosskirche ihr heutiges Aussehen (siehe Abbildung 14).



**Abbildung 14: Die Schlosskirche in Sulzbürg  
(mit freundlicher Genehmigung von Prof. Matthias Graw)**

Es ist nicht mehr nachzuvollziehen, wann genau die Gruft unter der Kirche errichtet wurde (siehe Abbildung 15). Indirekten Angaben lassen jedoch darauf schließen, dass die Kirchgruft bereits unter der Vorgängerin der heutigen Kirche bestanden hatte und im Zuge des Kirchenumbaus neu gestaltet wurde (Kießling 2008). Die Gruft dürfte also deutlich älter sein als der heute Kirchenbau. Die eigentliche Gruft hat annähernd den Grundriss eines griechischen Kreuzes. Zwei rechteckige Räume von rund 10m Länge, deren breite Spitztonnengewölbe bis zum Boden herab reichen, schneiden sich. In dieser Gewölbezone bildet das mittlere Quadrat ein Kreuzgratgewölbe, das am Schnittpunkt der Scheitellinien von den Pfeilern gestützt wird. Seit der Zeit von Freiherr Hans Adam (gestorben 1617 AD) und seiner Gemahlin Elisabeth (gest. 1640) diente die Gruft den Wolfsteinern als Begräbnisplatz (Kießling 2008).



**Abbildung 15: Die Krypta unter der Kirche  
(mit freundlicher Genehmigung von Prof. Matthias  
Graw)**

Nach dem Tod des letzten erwachsenen Wolfsteiners Christian Albrecht (1672-1740 AD) und dessen Frau Auguste Friederike (gestorben 1755 AD) wurden das Territorium der

Wolfsteiner und die Kirche von Sankt Michael in bayerischen und damit katholischen Besitz übernommen. Die Nutzung der Gruft endete; der Eingang wurde spätestens 1756 AD vermauert und blieb für lange Zeit verschlossen (Chronologie in Oehmig 2008).

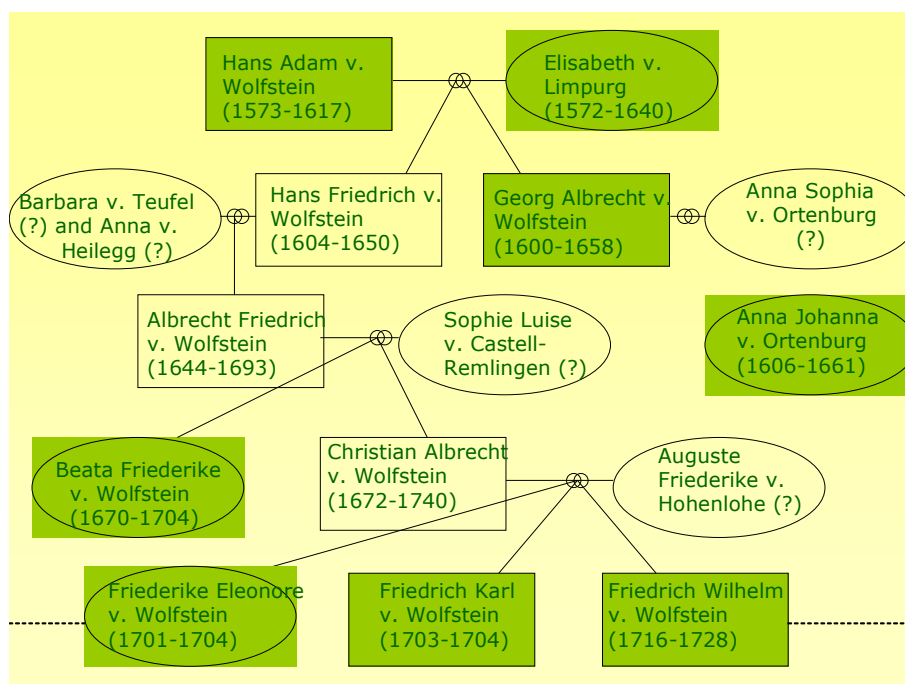
### **3.2.2) Die Familie der Wolfsteiner**

Für die vorliegende Arbeit sind diejenigen Angehörigen des Fürstengeschlechtes der Wolfsteiner von Bedeutung, die in der Gruft bestattet und im Zuge aktueller Renovierungsarbeiten (ab 2003) untersucht wurden. Hierbei handelt es sich um die Familienmitglieder eines lokalen Herrscherhauses, das durch seinen Wechsel zum reformierten, lutheranischen Glauben eine Sonderstellung in Bayern einnahm. Es handelt sich dabei um einen eng begrenzten Personenkreis, der auf Grund seiner hervorragenden sozialen Stellung einen ausreichend guten Versorgungsstatus gehabt haben dürfte. Die überlieferten Informationen legen zumindest die Annahme nahe, dass das Fürstengeschlecht keinen Mangel litt. Diese, wenn auch kleine, Personengruppe stellt ein besonders gut geeignetes Vergleichskollektiv zu den Petersberger Individuen dar: Das Mönchskollektiv besaß ebenfalls eine besondere soziale Stellung, stammt aber aus einer früheren Zeit und einer anderen Region; die Landbevölkerung aus dem Umland des Petersberges stammt ebenfalls aus einer früheren Zeit und anderen Region, hatte aber eine geringere soziale Stellung. Die jeweiligen Unterschiede in der Bevölkerungsstruktur, der Krankheits- und Ernährungssituation sollen in dieser Arbeit dargestellt werden.

In Abbildung 16 ist der Stammbaum der Wolfsteiner abgebildet. Die grün hinterlegten Individuen waren sicher in der Gruft bestattet und konnten untersucht werden. Ältestes Bestattungspaar sind Hans Adam und Elisabeth von Wolfstein, geborene Freifrau von Limpurg. In der Folgezeit wurden vier weitere Generationen in der Gruft bestattet, einige Mitglieder sind namentlich bekannt. Mit Christian Albrecht und Auguste Friederike von

Wolfstein, geborene Freifrau von Hohenlohe, sterben die letzten erwachsenen Wolfsteiner; all ihre Kinder waren bereits zu Lebzeiten der Eltern verstorben.

Im Rahmen der Renovierungsarbeiten konnten neben diesen namentlich bekannten Bestattungen noch 14 weitere Individuen, zumeist Kinder und Jugendliche, identifiziert werden. Auch sie werden teilweise in die vorliegenden Untersuchungen mit einbezogen.



**Abbildung 16: Stammbaum der Familie Wolfstein. Die untersuchten Individuen sind grün hinterlegt**

Zu den einzelnen Personen der Wolfsteiner Genealogie sind biografische Daten nur sehr spärlich erhalten, auf diesem Wege können kaum weitere Informationen über die Lebens- und gegebenenfalls Krankheitsumstände der jeweiligen Familienmitglieder eruiert werden. Bildliche Überlieferungen existieren nur von einzelnen Personen; hier soll lediglich der letzte, früh verstorbene Spross der Adelsfamilie, Friedrich Wilhelm August von Wolfstein (gestorben 1728 AD, siehe Abbildung 17), erwähnt werden.



**Abbildung 17: Friedrich Wilhelm August von Wolfstein**

Lediglich die Befunde der mumifizierten menschlichen Überresten und die Machart und Ausgestaltung der Särge lassen Aussagen auf die soziale Stellung, Aufwand der Bestattungen und den generellen Umgang mit den Verstorbenen zu. So war Hans Adam von Wolfstein, der erste Bestattete in der Gruft, in einem zweifachen Sarg mit einem äußeren aus Zinn und einem inneren aus Holz beigesetzt. Sein partiell mumifizierter Leichnam war in hochwertige Kleidung gehüllt, außerdem wurde ihm ein Degen mit ins Grab gelegt; auch seine Ehefrau Elisabeth war in einen ähnlichen doppelten Sarg gelegt worden. Ihrem Sohn Georg Albrecht von Wolfstein, einem Vertreter der nächsten Generation, wurde ein ähnlich aufwändiges Begräbnis mit zwei ineinander geschachtelten Särgen zuteil. Beata Friederica von Wolfstein hingegen, Vertreterin der darauf folgenden Generation und Enkelin von Hans Adam und Elisabeth, war lediglich in einen hölzernen Sarg gelegt worden. Die Reste ihrer Totenbekleidung wiesen erheblich geringen Wert auf und deuten wie der Sarg auf eine qualitative Verschlechterung der Begräbnisumstände hin. Alle chronologisch nachfolgenden Bestattungen – soweit diese trotz Beschädigungen noch rekonstruiert werden konnten – wiesen lediglich hölzerne Särgе auf, Kleidungsreste

waren, so vorhanden, wiederum von eher minderer Qualität. So geben zumindest die äußeren Begleiterscheinungen der Bestattungen Hinweise auf einen „Niedergang“ der Familie, ohne dass hier jedoch *a priori* ein direkter Rückschluss auf die Lebensumstände erlaubt wäre.



## 4. Methoden

### 4.1) *Morphologische Untersuchung*

Im Fall der Petersberger Funde wurde das komplette Skelettmaterial vor den Untersuchungen in einem Waschbecken gereinigt und zum Trocknen auf mit Gitternetzen bespannten Rahmen ausgelegt. Schädelkalotten und lange Extremitätenknochen des teilweise stark fragmentierten Materials wurden nach Möglichkeit mit Holzleim (Ponal, Fa. Henkel, Düsseldorf) geklebt und mit Kreppklebeband fixiert (Fa. Tesa, Hamburg). Hierbei wurde die Autorin von der Präparatorin Frau Sandy Reh aus der Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie München unterstützt. Zur Befundung wurde das Material bzw. das einzelne Individuum auf einem geeigneten Tisch ausgelegt. Während der gesamten morphologischen Untersuchung wurden in erster Linie die Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett von Ferembach et al. (1979) herangezogen.

Das Material der Bestattungen aus der Krypta von Sulzbürg wurde im Rahmen eines interdisziplinären Projektes vom Institut für Rechtsmedizin der Universität, dem Institut für Restaurierung in Wasserburg und lokalen kirchlichen und staatlichen Stellen bearbeitet. Die anthropologisch-paläopathologischen Untersuchungen wurden freundlicherweise von Prof. Dr. Matthias Graw, Frau Dipl. Biol. Stephanie Holley, Herrn PD Dr. Albert Zink und Herrn Dr. Oliver Peschel vorgenommen (siehe Graw et al. 2008) und für die vorliegende Arbeit als wichtige Begleitinformationen zur Verfügung gestellt. Dabei wurden analoge Standards der Analyse menschlicher Skelette und Mumien angewendet, so dass den Untersuchungen aller Populationen eine übereinstimmende methodische Analytik zu Grunde liegt.

#### 4.1.1) Bestimmung des Geschlechts

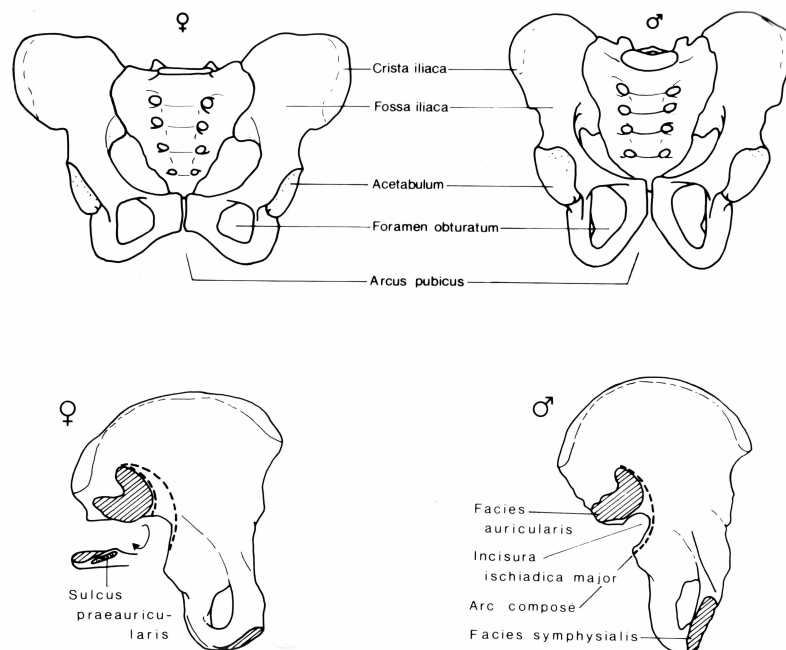
Mit der Geschlechtsdiagnose erhält man eine grundlegende biologische Information über ein Individuum. Sie beruht auf der Bewertung des Geschlechtsdimorphismus von Form- und Größenmerkmalen am Skelett. Diese Merkmale unterliegen jedoch einer Variabilität, die räumlich und zeitlich getrennte Populationen betrifft (Herrmann et al. 1990). Deshalb ist es wichtig, sich vorerst einen Überblick über die zu bearbeitende Skelettserie zu verschaffen und Individuen mit charakteristisch weiblicher und männlicher Merkmalsausprägung als „Standards“ einzuführen. Danach kann eine Geschlechtsbestimmung an den übrigen Individuen des Skelettkollektivs erfolgen.

##### *Erwachsene Individuen*

In allen menschlichen Populationen sind Männer im Durchschnitt größer als Frauen und haben eine stärker entwickelte Muskulatur, größere Köpfe, Hände und Füße. Analog dazu ist das Skelett eines männlichen Individuums innerhalb einer Population im Durchschnitt größer als das eines weiblichen Individuums, mit größeren Dimensionen aller Knochen und ausgeprägteren Muskelansatzstellen (Sjovold 1988). Eine weitere Ausprägung dieses Sexualdimorphismus am erwachsenen Skelett ist die Beckenregion der Frau, die an Schwangerschaft und Geburt eines Kindes angepasst ist (siehe Abbildung 18). Tabelle 4 zeigt geschlechtsdifferenzierende, nach diagnostischem Wert geordnete Merkmale am Becken.

**Tabelle 4: Geschlechtsdifferenzierende, nach diagnostischem Wert geordnete Merkmale des Beckens**  
(modifiziert nach Ferembach et al. 1979, Hermann et al. 1990)

<b>Merkmal</b>	<b>Frauen</b>	<b>Männer</b>
Gesamtaspekt des <i>Os coxae</i>	niedriger, breiter	höher, schmaler
Beckeneingang	queroval	herzförmig
<i>Incisura ischiadica major</i>	weit	eng
<i>Sulcus praeauricularis</i>	tief eingefurcht	flach bis fehlend
<i>Arc compose</i>	doppelter Bogen	einfacher Bogen
<i>Arcus pubicus</i>	stumpfwinklig	spitzwinklig
<i>Crista iliaca</i>	geringere S-Krümmung	stärkere S-Krümmung
<i>Fossa iliaca</i>	flacher, breiter	tiefer, schmaler
<i>Index ischio-pubicus</i>	> 72	< 68
<i>Ramus inferior ossis pubis</i>	konkave Krümmung, Gratbildung am caudalen Rand	gerade bis konvex, caudaler Rand glatt
<i>Facies ventralis ossis pubis</i>	symphysenseitig bogenförmiger Rand	schwacher Grat, eher gerade
<i>Corpus ossis ischii</i>	schmaler	breiter
<i>Spina ischiadica</i>	spitz	stumpf
<i>Tuber ischiadicum</i>	wenig ausgeprägt	ausgeprägt
<i>Acetabulum</i>	kleiner, lateral gelegen	größer, anterolateral gelegen
<i>Foramen obturatum</i>	eher dreieckig, kleiner	Eher oval, größer



**Abbildung 18: Geschlechtsdifferenzierende Merkmale des Beckens  
(aus Herrmann et al. 1990)**

Am Schädel sind Geschlechtsunterschiede meist Ausdruck des Robustizitätsgrades gleichartiger Strukturen. Deshalb ist für die morphologische Untersuchung eines Schädels die Kenntnis der Variabilität innerhalb der Herkunftspopulation von besonderer Wichtigkeit. Tabelle 5 und die Abbildungen 19 und 20 zeigen geschlechtsdifferenzierende Merkmale an Schädel (*Cranium*) und Unterkiefer (*Mandibula*), ebenfalls weitgehend nach diagnostischem Wert geordnet.

Tabelle 5: Geschlechtsdifferenzierende, nach diagnostischem Wert geordnete Merkmale des Schädels und Unterkiefers (modifiziert nach Ferembach et al. 1979, Hermann et al. 1990)

<b>Merkmal</b>	<b>Frauen</b>	<b>Männer</b>
<b>Cranium</b>		
<i>Glabella</i>	nicht prominent, fließender Übergang zur Nasenwurzel	prominent, gegen die Nasenwurzel
<i>Arcus superciliaris</i>	schwach ausgeprägt, glatt	ausgeprägt, meist rau
Relief des <i>Planum nuchale</i>	schwach, eher glatt	kräftig, Leistenbildung
<i>Protuberantia occipitalis externa</i>	wenig ausgeprägt	ausgeprägt, gelegentlich zapfenartig ausgezogen
<i>Processus mastoideus</i>	klein, schmalbasig	voluminös, breitbasig
<i>Crista supramastoidea</i>	schwach ausgeprägt bis fehlend	deutlich ausgeprägt
<i>Processus zygomaticus</i>	dünn, niedrig	kräftig, hoch
<i>Os zygomaticum</i>	klein, niedrig, glatt	kräftig, hoch, meist rau
<i>Margo supraorbitale</i>	dünn, scharfkantig	dicker, glattrandig
<i>Forma orbitae</i>	gerundet	eher rechteckig
<i>Inclinatio frontalis</i>	eher steil, gerundet	eher fliehend
<i>Tubera frontalia und parietalia</i>	betont	fehlend
<b>Mandibula</b>		
<i>Mentum</i>	klein, gerundet, glatt	kräftig, meist mit bilateralen Protuberantien
<i>Gonion</i>	glatt, Winkel stumpf	rau, seitlich ausgezogen, Winkel eher rechtwinklig
<i>Capitulum mandibulae</i>	klein	Groß
<i>Corpus mandibulae</i>	niedriger, eher grazil	höher, eher robust

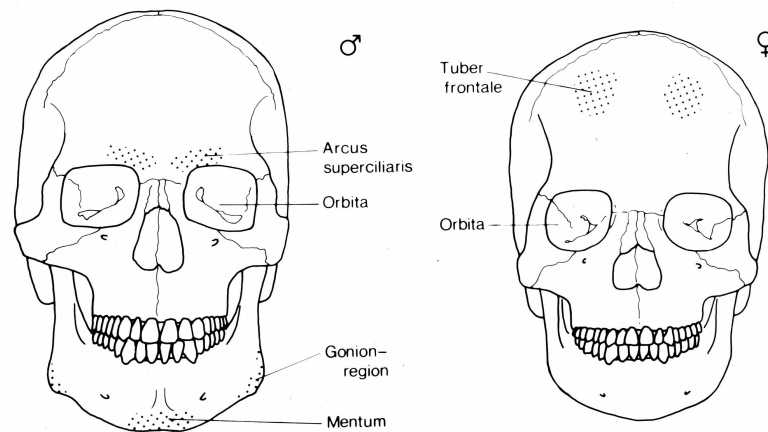


Abbildung 19: Geschlechtsdifferenzierende Merkmale des Schädels (frontal) (aus Herrmann et al. 1990)

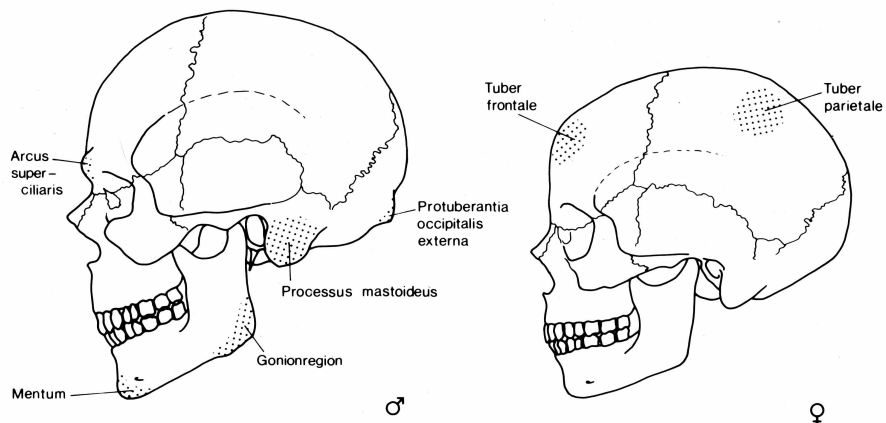


Abbildung 20: Geschlechtsdifferenzierende Merkmale des Schädels (lateral) (aus Herrmann et al. 1990)

Des Weiteren können die *Femora* zur Geschlechtsbestimmung herangezogen werden. Neben der größeren Robustizität und Länge bei männlichen Individuen ist der Winkel, den *Femurhals* und *Femurschaft* (*Collo-Diaphysen-Winkel*) bilden, bei Männern größer als bei

Frauen. Das gilt auch für den Durchmesser des *Caput femoris*, der bei Frauen in der Regel kleiner ist (Herrmann et al. 1990).

Am aussagekräftigsten für eine Geschlechtsbestimmung am Skelett ist zweifellos das Becken, gefolgt von Schädel und Langknochen. Eine Geschlechtsdiagnose wird umso genauer sein, je mehr Merkmale berücksichtigt werden können, je mehr Skelett-Teile also zur Verfügung stehen.

### *Der Maskulinitätsindex (MI)*

Das zahlenmäßige Verhältnis von Frauen und Männern in einer Bevölkerung wird über den *Maskulinitätsindex* (MI) quantitativ erfasst. Der MI variiert mit dem sozialen Umfeld, so unterscheiden sich in der Regel rurale und urbane Bevölkerungen. Auch kann mittels Errechnung des MI eine Vorhersage über die Entwicklungspotenzen der vorliegenden Population getroffen werden, da Frauen im reproduktionsfähigen Alter den limitierenden Faktor darstellen. Für die Berechnung des MI werden alle geschlechtsbestimmbaren Individuen von der juvenilen Altersgruppe aufwärts berücksichtigt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde mit spätjuvenilen Individuen als jüngster Altersklasse begonnen. Ein MI von 100 bezeichnet ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis, ein MI von größer 100 einen Männerüberschuss, ein MI von kleiner 100 einen Frauenüberschuss (Herrmann et al. 1990, Wittwer-Backofen 1987). Im Folgenden wird die Gleichung für die Berechnung des Maskulinitätsindex angegeben:

$$\text{Maskulinitätsindex (MI)} = \frac{\text{Männer} \times 100}{\text{Frauen}}$$

---

*Nichterwachsene Individuen*

Eine Geschlechtsdiagnose nichterwachsener Individuen ist nur in begrenztem Umfang möglich, da die geschlechtsdifferenzierenden Merkmale hier meist noch nicht ausgebildet sind. Bei den fetalen und neonaten Individuen des vorliegenden Skelettkollektivs wurde versucht, mit diskriminanzanalytischen Berechnungen (Schutkowski 1990) eine Geschlechtsbestimmung durchzuführen. Dies war jedoch aufgrund des schlechten Erhaltungszustandes des Skelettmaterials in den meisten Fällen nicht möglich. Deshalb wurden Winkelmessungen am geschlechtsdifferenten Felsenbein (*Pars petrosa ossis temporalis*) vorgenommen, eine nach Graw et al. (2005) etablierte Methode. Da das Felsenbein der härteste Knochen des menschlichen Skelettes ist und außerdem eine eher kompakte Form besitzt, ist dieser Knochen auch in sonst stark fragmentiertem Skelettmaterial häufig intakt vorhanden und eignet sich besonders für weiterführende Untersuchungen. In der vorliegenden Arbeit wurden plastische Abgüsse des inneren Gehörgangs (*Meatus acusticus internus*) angefertigt:

Dazu wird das aus zwei Komponenten (im Mischverhältnis 1:1) bestehende, additionsvernetzende Silikon-Abformmaterial *Putty soft* (Fa. Voco GmbH, Cuxhaven) durch den Eingang des inneren Gehörgangs (*Porus acusticus internus*) in den *Meatus* eingedrückt. Sofern möglich, werden von jedem Individuum zwei Abdrücke (rechts und links) gefertigt. Nach einer Aushärtung von etwa zwei Minuten wird das Abformmaterial vorsichtig herausgelöst. Zeigt der Abguss einen deutlichen Winkel kleiner  $45^\circ$ , wird das Individuum als *männlich* klassifiziert. Weist der Abguss einen deutlichen Winkel größer  $45^\circ$  auf, wird das Individuum als *weiblich* klassifiziert.

Diese Methode wurde ebenfalls bei Skeletten erwachsener Individuen, die morphognostisch nicht eindeutig zuzuordnen waren, als ein weiteres Merkmal des Schädels - dem allerdings relativ großer diagnostischer Wert beigemessen wurde - zur



Geschlechtsbestimmung herangezogen. Die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Geschlechtsbestimmung bei erwachsenem und kindlichem Skelettmaterial liegt bei dieser Methode bei 77% (Graw 2001).

Das vorliegende Skelettmaterial wurde anhand der beschriebenen Merkmale in folgende Kategorien unterteilt:

*Sicher männlich* (über 90% der geschlechtsdifferenzierenden Merkmale zeigen eine männliche Ausprägung), *sicher weiblich* (über 90% der geschlechtsdifferenzierenden Merkmale zeigen eine weibliche Ausprägung), *wahrscheinlich männlich* (75% bis 90% der geschlechtsdifferenzierenden Merkmale zeigen eine männliche Ausprägung), *wahrscheinlich weiblich* (75% bis 90% der geschlechtsdifferenzierenden Merkmale zeigen eine weibliche Ausprägung), *eher männlich* (55% bis 75% der geschlechtsdifferenzierenden Merkmale zeigen eine männliche Ausprägung), *eher weiblich* (55% bis 75% der geschlechtsdifferenzierenden Merkmale zeigen eine weibliche Ausprägung) und geschlechtlich nicht definierbare Individuen (*nd*). Dabei wurde immer die Wertigkeit der jeweiligen Merkmale miteinbezogen.

### **4.1.2) Bestimmung des Sterbealters**

Die Diagnose des Skeletalters (biologisches Alter) liefert eine grundlegende Information über ein Individuum. Das Skeletalter wird jedoch durch externe Faktoren wie Umweltbedingungen, Ernährung, Arbeitsbelastung oder Krankheiten beeinflusst. Es stimmt somit nur annähernd mit dem chronologischen Alter überein; eine morphologische Sterbealtersbestimmung muss sich daher auf die Einteilung in folgende Altersklassen beschränken (Herrmann et al. 1990):

Tabelle 6: Einteilung in Sterbealtersklassen

Infans I	0-6 Jahre
Infans II	7-12 Jahre
Juvenis	13-18 (20) Jahre
Adultas	20-40 Jahre
Maturitas	40-60 Jahre
Senilis	60+ Jahre

Die Altersklassen *Infans I*, *Infans II* und *Juvenis* können in den meisten Fällen genauer differenziert werden. Erwachsene Individuen werden normalerweise in drei Unterklassen (früh-, mittel- und spät-) eingeteilt. In dieser Arbeit werden für die morphologische Sterbealtersbestimmung die Altersklassen aus Tabelle 6 verwendet. Das Sterbealter von Individuen, an denen eine TCA (siehe 1.4.4 Zuwachsringe im Zahnzement) erfolgen konnte, wurde in Fünf-Jahres-Abschnitte eingeteilt.

#### *Erwachsene Individuen*

Eine Sterbealtersbestimmung am erwachsenen Skelett hängt meist von dessen Erhaltungszustand ab. Vor allem für stark fragmentiertes Material ist die „komplexe Methode“ nach Acsadi & Nemeskeri (1970) nicht geeignet, weil sie sich als zu aufwendig und fehleranfällig erwies (Ferembach et al. 1979). Die Oberflächenstruktur der Schambeinsymphyse (*Facies symphysialis pubica*) wurde jedoch, soweit vorhanden und erhalten, für die morphologische Sterbealtersbestimmung herangezogen. Acsadi & Nemeskeri (1970) nahmen eine Einteilung der *Facies symphysialis* in fünf Stadien, welche altersvariable Veränderungen zeigen, vor. Die zu untersuchenden Schambeinsymphysen

wurden mit dieser Einteilung abgeglichen und einer Tabelle mit entsprechenden Altersspannen zugeordnet.

Das in dieser Arbeit wichtigste Kriterium für die Sterbealtersbestimmung von Erwachsenen ist jedoch der ektocraniale Nahtverschluss. Die Kranznaht (*Sutura coronalis*), die Scheitellaht (*Sutura sagittalis*) und die Lambdanaht (*Sutura lambdoidea*) des Schädels werden dabei in 16 Nahtabschnitte eingeteilt, die in unterschiedlichen, definierten Lebensabschnitten verwachsen (Olivier 1960, Vallois 1937 in Herrmann et al. 1990). Bei dieser Methode ist die individuelle Variabilität und damit die Fehlerspanne bei der Diagnose sehr groß (Schmitt & Tamaska 1970 in Herrmann et al. 1990), deshalb beschränkt sich die morphologische Sterbealtersbestimmung von erwachsenen Individuen auf eine Einteilung in grobe Altersabschnitte.

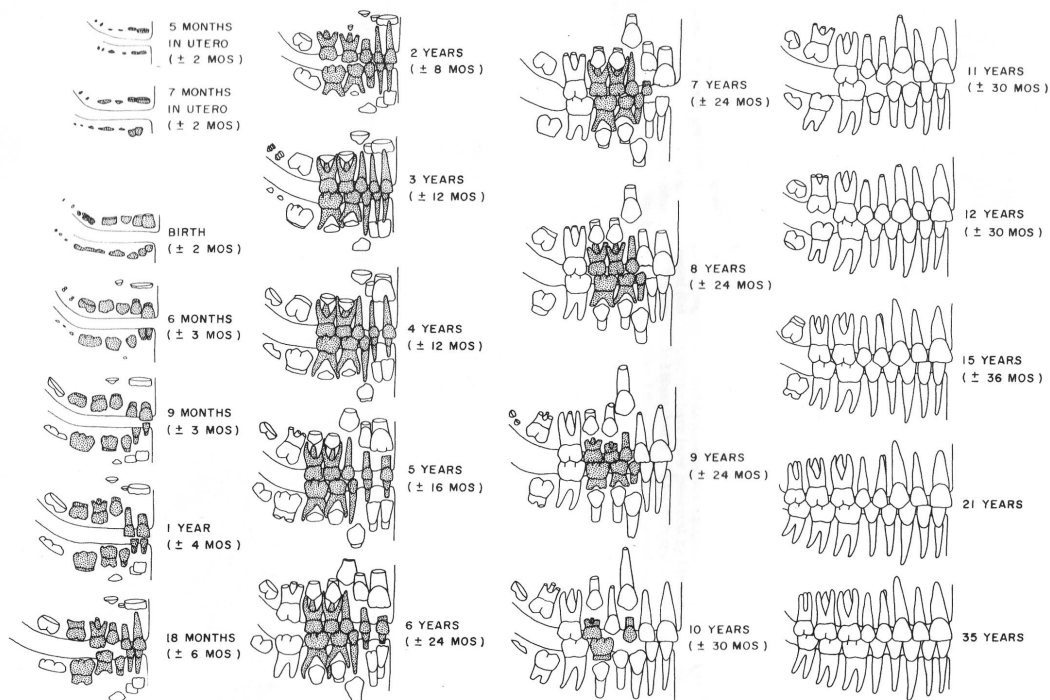
### *Juvenile und jungerwachsene Individuen*

Bei juvenilen Individuen und Jungerwachsenen fällt die Bestimmung des Sterbealters entsprechend leichter. Hinweise hierfür sind aus einzelnen Ossifikationsmerkmalen zu gewinnen. Besonders der Zeitpunkt der Verwachsung der Epiphysen der verschiedenen Langknochen, des Fußes, der Hand und des Beckens sind für das Jugendalter relativ genau definiert (Bothwell 1981, Gray 1954, Szilvassy 1988). Hierbei beginnt der Verschluss bei weiblichen Individuen meist früher als bei männlichen Individuen. Ebenso zeigt die proximale Gelenkfläche des Schlüsselbeins (*Facies articularis sternalis*) eine Reliefbildung, die sich vom 18. bis zum 26. Lebensjahr charakteristisch ändert und so eine Altersbestimmung innerhalb dieses Lebensabschnittes möglich macht (Szilvassy 1980).

### *Kinder und juvenile Individuen*

Die Beurteilung des Sterbealters von Kindern und Jugendlichen wird überwiegend anhand der Entwicklungsstufen der Zähne an Ober- und Unterkiefer vorgenommen.

Hierbei kann zum Beispiel das Zahnschema von Ubelaker (1978) dienen, das 1979 von der Arbeitsgruppe europäischer Anthropologen empfohlen wurde (Ferembach et al. 1979). Es beruht auf Untersuchungsergebnissen mehrerer tausend Individuen (siehe Abbildung 21).



**Abbildung 21: Schema der Zahnentwicklung (nach Ubelaker 1978)**

Außerdem wurden in dieser Arbeit für Milch- und Dauerzähne Schemata der Entwicklung von Zahnkrone und Zahnwurzel herangezogen (Scheuer & Black 2000). Ferner - oder für den Fall, dass keine Zähne vorhanden waren - wurden zunächst Ossifikationen des Schädels (Fontanellenschlüsse und Synostosen) berücksichtigt (Gray 1954, Rauber & Kopsch 1987, Ferembach et al. 1979). Hierbei ist die Altersbestimmung aber unpräziser als bei der Zahnentwicklung; man muss sich mit einer größeren Altersklassifikation begnügen. Dies gilt ebenso bei der Sterbealtersbestimmung anhand des postcranialen Skelettes. Fehlte der komplette Schädel eines kindlichen Individuums,

wurden vergleichende Messwerte von Kinderlangknochen einer frühmittelalterlichen süddeutschen- (Sundick 1978) oder altslawischen Bevölkerung (Stloukal & Hanakova 1978) Population herangezogen. Ebenso diente das Schema von Szilvassy (1988) der Altersbestimmung bei fragmentiertem Skelettmaterial (siehe Abbildung 22).

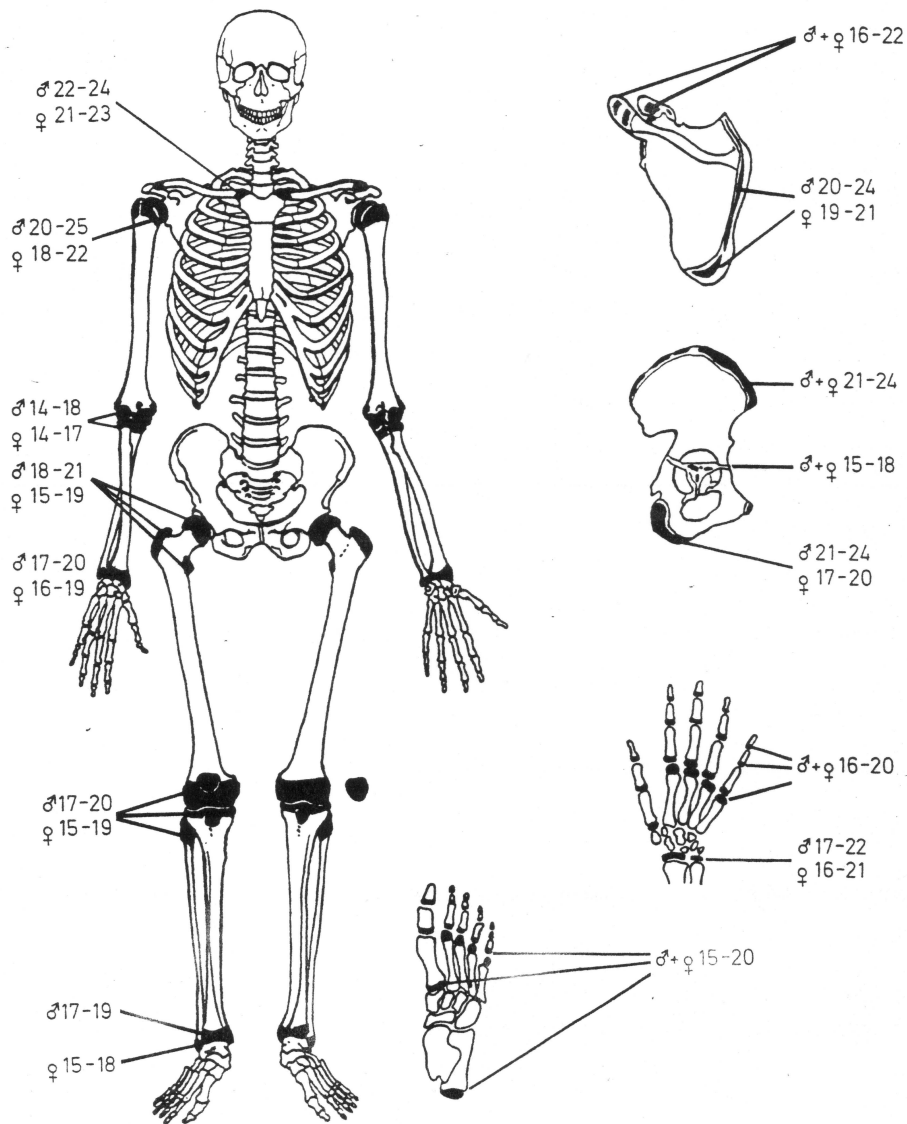


Abbildung 22: Lebensalter nach Epiphysenverschluss (nach Szilvassy 1988)

### *Fetale und neonate Individuen*

Handelte es sich bei dem zu untersuchendem Skelettmaterial um ein fetales oder neonates Individuum, wurden Messwerte vor allem des Hinterhauptsbeines (*Os occipitale*) und des postcranialen Skelettes (lange Extremitätenknochen) herangezogen (Fazekas & Kosa 1978), um das Sterbealter zu ermitteln.

#### **4.1.3) Körperhöhe und Indizes**

Das Schätzen der Körperhöhe ist Bestandteil der Individualdiagnose. Der Gruppenbefund basiert auf dem Vergleich osteometrischer Daten des postcranialen Skeletts. Das Ziel der Untersuchung ist, morphologische Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Bevölkerungsgruppen, aber auch innerhalb einer Population oder eines Gräberfeldes zu erfassen.

Neben der genetischen Variabilität können während der Wachstumsphase verschiedene Faktoren die Körperhöhe des jeweiligen Individuums beeinflussen. Hierbei handelt es sich zum Beispiel um Krankheit, Stress, Arbeitsbelastung und vor allem die Ernährung. Eine Wachstumsverzögerung in der Kindheit, etwa durch Mangelernährung hervorgerufen, kann selbst durch eine spätere Verbesserung der Ernährungssituation nicht mehr ausgeglichen werden (Wurm 1987). Häufiger Konsum tierischen Eiweißes während der Wachstumsphase soll hingegen zu einer Zunahme der Körperhöhe führen (Wurm 1982, Wurm 1987).

Die Körperhöhe wird aus Messwerten der langen Extremitätenknochen, vorzugsweise Oberschenkelknochen (*Femur*), aber auch Schienbein (*Tibia*), Oberarmknochen (*Humerus*) und Speiche (*Radius*), berechnet (nach Martin 1914). Diese Maße werden mit Hilfe eines Messbretts mit Schieber und eines Gleitzirkels erhoben. Da die Länge des jeweiligen Skelettelements in einem bestimmten Verhältnis zur Körperhöhe steht, kann die

Körperhöhe anhand von Regressionsgleichungen geschlechtsspezifisch errechnet werden. Für erwachsene männliche Individuen wurde hierzu die Gleichung nach Breitinger (1938), für erwachsene weibliche Individuen die Gleichung nach Bach (1965) verwendet (siehe Tabellen 7 und 8). Diese Formeln erlauben allerdings nur eine annähernde Angabe der Körperhöhe und können daher nur Schätzcharakter haben, deren Abweichung mit anzugeben ist (Herrmann et al. 1990):

**Tabelle 7: Formeln zur Rekonstruktion der Körperhöhe nach Breitinger (1938)**

<b>männliche Individuen</b>	Fehler (cm)
$83,21 + 2,715 \times \text{Humerus}$	4,9
$97,00 + 2,968 \times \text{Radius}$	5,4
$94,31 + 1,645 \times \text{Femur}$	4,8
$95,59 + 1,988 \times \text{Tibia}$	4,7

**Tabelle 8: Formeln zur Rekonstruktion der Körperhöhe nach Bach (1965)**

<b>weibliche Individuen</b>	Fehler (cm)
$98,38 + 2,121 \times \text{Humerus}$	3,9
$116,89 + 1,925 \times \text{Radius}$	4,5
$106,69 + 1,313 \times \text{Femur}$	4,1
$95,91 + 1,745 \times \text{Tibia}$	3,9

Bei männlichen Individuen wird die ganze Länge des *Humerus*, bei weiblichen Individuen die größte Länge des *Humerus* gemessen. Alle weiteren Knochenmaße werden geschlechtsunabhängig erhoben. Für die *Radii* wird die parallele Länge, für die *Femora* die größte Länge und bei den *Tibiae* die Länge erhoben (nach Martin 1914).

Formeln zur Rekonstruktion der Körperhöhe aus langen Extremitätenknochen nicht erwachsener Individuen werden ebenfalls geschlechtsspezifisch berechnet (Palkama et al. 1962, Telkkä et al. 1962, Virtama et al. 1962). Hierbei wird nach dem Sterbealter (unter einem Jahr, ein bis neun Jahre und zehn bis 15 Jahre) differenziert.

Um das Skelettkollektiv im Hinblick auf Aktivitätsmuster und besondere körperliche Belastungen zu untersuchen, werden drei verschiedene Indizes erhoben (Herrmann et al. 1990). Der Längen-Dicken-Index des *Humerus* kann Hinweise auf die Händigkeit geben, die Formel lautet:

$$\text{Humerus Längen-Dicken-Index} = \frac{\text{kleinster Umfang Diaphyse} \times 100}{\text{größte Länge}}$$

Mit Hilfe des *Femur-Robustizitätsindex* können Aussagen über eine Seitenbevorzugung getroffen werden, die Formel lautet:

$$\text{Femur Robustizitäts- Index} = \frac{(\text{sagittaler} + \text{transversaler Durchmesser Diaphysenmitte}) \times 100}{\text{ganze Länge}}$$

Der *Index Platymericus* gibt Hinweise auf die Mobilität. Je flacher die proximale Femurdiaphyse, desto mehr Muskelbeanspruchung liegt zugrunde, da die Angriffsfläche des Muskels vergrößert ist. Die Formel lautet:

$$\text{Index Femur platymericus} = \frac{\text{oberer sagittaler Durchmesser} \times 100}{\text{oberer transversaler Durchmesser}}$$



Klassifiziert wird in *Platymer* (75 bis 84,9), *Eurymer* (85 bis 99,9) und *Stenomer* (größer 100) (Herrmann et al. 1990).

### 4.1.4) Zahnstatus

Untersuchungen an den Zähnen und dem Zahnhalteapparat liefern wichtige Erkenntnisse über Ernährung und Mundhygiene einer historischen Population. Mit Hilfe statistischer Methoden lassen sich Aussagen über Art und Häufigkeit bestimmter Krankheiten erzielen (Schultz 1988).

Bei der morphologischen Begutachtung wurden alle erhaltenen Zähne sowie intra vitaler oder postmortaler Zahnverlust in ein Schema eingetragen. Die Zähne wurden von *mesial* nach *distal* mit den Ziffern eins bis acht beschrieben. Zusätzlich wurde vor diese Ziffern jeweils die Nummer des entsprechenden Quadranten notiert. Der obere rechte Quadrant wird als der erste bezeichnet, der obere linke als der zweite, der untere linke als der dritte und der untere rechte als der vierte Quadrant.

Bei einer Zahnkaries wurde folgendermaßen vorgegangen: Es wurden Zahn, exakte Lage (*okklusal, mesial, distal, bukkal, lingual* und *palatinal*) und Ausprägungsgrad notiert (Schultz 1988).

### 4.1.5) Paläopathologische Untersuchungen

#### *Knochenfrakturen*

Bei der morphologischen Befundung des Skelettmaterials wurden Kontinuitätstrennungen der untersuchten Knochen wie folgt notiert:

Genaue Beschreibung des jeweiligen Skelettelementes und der Fraktur (z.B. rechts, links, proximal, distal, verheilt, unverheilt). An bestimmten Skelettelementen (z.B. Schädel)

wurde des Weiteren die Größe der Traumata gemessen. Bei der Auswertung der Lokalisation der Anzahl der Schädel läsionen sind Traumata, die über mehrere Schädelregionen gehen, unterteilt worden. Geht beispielsweise eine Läsion vom *Os parietale* in das *Os occipitale* über, wird beiden Teilen ein Wert von 0,5 zugeschrieben.

#### *Cribræ orbitalia und porotische Hyperostosen des Schädeldaches*

Die Einteilung der Manifestationsgrade der *Cribræ orbitalia* wurde nach Hühne-Osterloh (1989) leicht modifiziert:

*Grad 1:* Spongiose Auflagerungen auf dem Orbitadach, zum Teil nadelstichartig perforiert.

*Grad 2:* Geringe Ausprägung, ohne spongiose Auflagerungen. Die unregelmäßig verteilten Läsionen haben einen Durchmesser von <1mm.

*Grad 3:* Mittlere Ausprägung, die regelmäßiger siebartigen Läsionen haben einen Durchmesser von >1mm, bleiben jedoch auf das *superiore* Orbitadach begrenzt.

*Grad 4:* Schwerer Manifestationsgrad, die mehr als 1mm großen Lochstrukturen fusionieren zu größeren Öffnungen und sind über die gesamte Fläche des Orbitadaches verteilt.

Für die statistische Auswertung wurde bei Zwischenstufen der höhere Wert herangezogen. Zum Beispiel wurde die Einteilung in *Grad 2 bis 3* bei der Auswertung als *Grad 3* gewertet. Des Weiteren wurden in der Auswertung nur Individuen berücksichtigt, denen mindestens eine Orbita zugeordnet werden konnte.

Die *porotischen Hyperostosen* der *Tabula externa* wurden ohne Einteilung in Grad aufgenommen. Stattdessen wurde eine grobe Lokalisation der Knochenveränderung angegeben (z. B. *Os occipitale*).

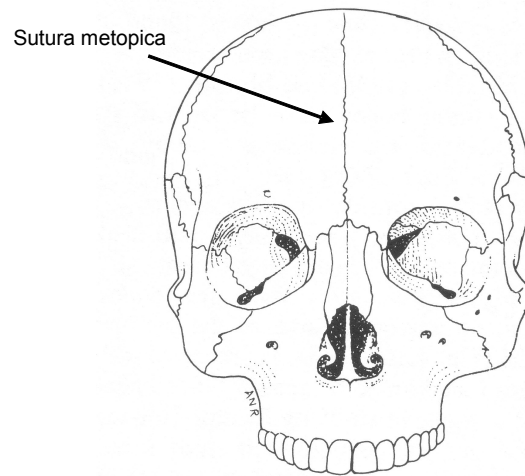
Weitere paläopathologische Kriterien wurden nicht bestimmt, da die Anzahl der Wirbelkörper, die sich *in situ* befanden und somit einem geschlechts- und altersbekanntem Individuum zugeordnet werden konnten, für die Erhebung statistisch ausreichender Daten für degenerative Wirbelsäulenveränderungen zu gering war. Ähnliches gilt auch für Gelenke und Oberflächenveränderungen langer Röhrenknochen.

### 4.1.6) Epigenetische Merkmale

Epigenetische Merkmale sind Identifikationskriterien bei Verwandtschaftsbeziehungen innerhalb einer Skelettpopulation. Beispielsweise ist die *Sutura metopica* mit hoher Wahrscheinlichkeit genetisch bedingt. Akzessorische Gelenkflächen sind dagegen erworben und dienen der Identifikation von individuen- beziehungsweise gruppenspezifischen Aktivitätsmustern (Herrmann et al. 1990).

#### *Sutura metopica*

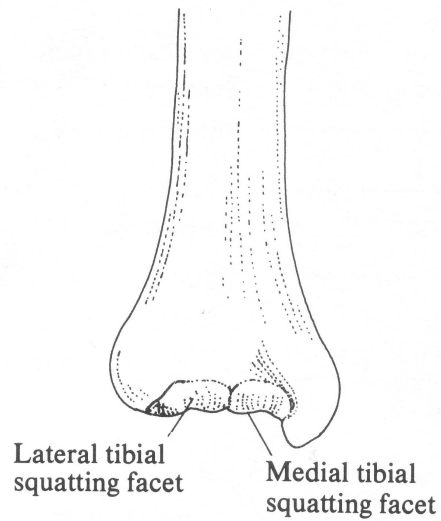
Bei der morphologischen Befundung des Skelettmaterials wurde Metopismus am Schädel untersucht (siehe Abbildung 23). Die Naht zwischen den beiden Stirnbeinschuppen verwächst in den ersten beiden Lebensjahren (Gray 1954), in der Auswertung wurden nur Schädel mit einem Sterbealter von über zwei Jahren herangezogen.



**Abbildung 23: Sutura metopica  
(modifiziert nach Brothwell 1981)**

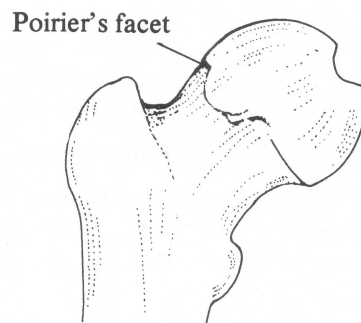
### *Akzessorische Gelenkflächen*

Bei der morphologischen Untersuchung des Skelettmaterials wurde das Auftreten von Hock- und Reiterfacetten notiert. Die Hockfacette entsteht durch gewohnheitsmäßiges Hocken, wobei die Sohlen flach auf dem Boden bleiben (siehe Abbildung 24). Die Fußgelenke werden dabei stark flexiert, auf das proximale Sprunggelenk wird Druck ausgeübt, so dass an der *Facies articularis inferior* der *Tibia* und an der *Facies articularis superior* des *Talus* eine Facette entstehen kann (Boulle 2001, Brothwell 1981, Dlamini & Morris 2005).



**Abbildung 24: Hockfacetten lateral und medial (nach Brothwell 1981)**

Eine Vergrößerung der Gelenkfläche des *Caput femoris* nach *cranio-lateral* wird „Reiterfacette“ genannt. Sie entsteht durch eine dauerhafte Belastung, bei der bei gespreizten Beinen (Adduktion plus Außenrotation) ein starker Druck nach innen aufgebracht werden muss (Kölbl 1996). Da diese Art der Belastung häufig beim Reiten vorkommt, wird diese Gelenkfacette „Reiterfacette“ genannt (siehe Abbildung 25).



**Abbildung 25: Reiterfacette (nach Brothwell 1981)**

## 4.2) Histologie

Bei der morphologischen Sterbealtersbestimmung können die einzelnen Individuen nur in grobe Altersklassen eingeteilt werden. Diese grobe Einteilung wird durch die Methode der Analyse der Zuwachsringe im Zahnzement (engl. TCA: *tooth cementum annulation* oder *incremental lines*) „verfeinert“; bei gut erhaltenem Material ist eine Sterbealtersbestimmung bis auf wenige Jahre genau möglich (Kagerer & Grupe 2001). Voraussetzung ist lediglich, dass mindestens ein Zahn pro Individuum vorhanden bzw. gut erhalten ist, von dessen Wurzel Dünnschnitte angefertigt werden können. Bei humanem Material haben sich jedoch zweihöckrige Backenzähne (*Dentes praemolares*) als am geeignetsten erwiesen (Charles et al. 1986, Condon et al. 1986), da sie mit +/-1,55 Jahren den stabilsten Zeitpunkt des Durchbruchs aufweisen (Schumacher et al. 1990). Dieses Durchbruchsalter wird zu den am Mikroskop ausgezählten Zahnzementringen addiert, um das individuelle Sterbealter zu ermitteln.

Diese Analyse wurde beim Sulzbürger Material nicht angewendet. Aufgrund der historischen Überlieferung waren die Lebensdaten der Individuen genau belegt, so dass eine grobe Alterseinteilung nach äußeren anthropologischen Kriterien zum Abgleich mit den überlieferten Daten für eine hinreichend sichere Zuordnung ausreichend erschien.

### 4.2.1) Herstellung der Präparate

Das Epoxidharz Biodur E12 (Fa. Gunter von Hagens, Heidelberg) wird zusammen mit dem Härter E1 (Fa. Gunter von Hagens, Heidelberg) ca. zwölf Stunden bei 40°C im Ofen erwärmt, um Kristallbildung zu vermeiden. Um das richtige Mischungsverhältnis von einem Teil Biodur zu 0,28 Teilen Härter zu erhalten, werden die Teile mit Hilfe einer Analysenwaage (PM 4600, Fa. Mettler, Giessen) abgewogen und verrührt, bis keine Schlieren mehr zu erkennen sind. Die Zähne werden in beschrifteten Einbettungsformen mittig ausgerichtet und mit der Mischung übergossen, bis sie gerade bedeckt sind. Das

Kunstharz dringt in den jeweiligen Zahn ein, so dass dieser durch den späteren Vorgang des Schneidens mittels Sägeschnitt-Innenloch-Mikrotom (Fa. Leica, Nussloch) nicht zerstört wird. Um potentielle Luftblasen zu entfernen, werden die Proben für 48 Stunden bei einem Unterdruck von  $-0,8\text{bar}$  bis  $-0,9\text{bar}$  im Exsikkator (Fa. Roth, Karlsruhe) evakuiert. Eine endgültige Aushärtung wird durch eine 24stündige Inkubation im Trockenschrank (Fa. Memmert, Schwabach) bei  $30^{\circ}\text{C}$  und weitere zwei bis drei Tage bei Raumtemperatur erreicht.

Nachdem die Proben aus den Einbettungsformen herausgenommen wurden, wird der untere Teil parallel zur Zahnkrone mit Hilfe einer Tellerschleifmaschine (Dap-V, Fa. Struers, Willich) abgeschliffen, um diese Seite mit Sekundenkleber (Fa. Uhu, Bühl) auf die Spannvorrichtung der Innenlochsäge aufzukleben. Dann werden die Zahnproben eingespannt, die Zahnkrone wird entfernt und es werden zehn bis zwölf Schnitte von circa  $70\mu\text{m}$  Dicke am oberen Drittel der Zahnwurzel angefertigt. Diese Stelle ist für die histologische Untersuchung von besonderer Bedeutung, weil sich hier das zellfreie Fremdfaserzement befindet; es wächst strikt appositionell, nach seiner Bildung erfolgt kein weiterer Umbau (Grupe et al. 2005). Die erhaltenen Querschnitte werden getrocknet, auf Objektträgern ( $76\times 26\times 1\text{mm}$ , Fa. Menzel-Gläser, Braunschweig) mit dem Kunstharzklebstoff Eukitt (Fa. Kindler GmbH, Freiburg) beschichtet und mit Deckgläschen ( $24\times 50\text{mm}$ , Fa. Menzel-Gläser, Braunschweig) abgedeckt. Während der mehrere Tage dauernden Aushärtung des Eukitts sollten die angefertigten Proben waagrecht liegend aufbewahrt werden, um Verschiebungen der einzelnen Querschnitte zu vermeiden.

### **4.2.2) Mikroskopie und Bildbearbeitung**

Die Betrachtung der angefertigten Schnitte erfolgte an einem Durchlichtmikroskop bei Phasenkontrast (Axioskop 2 plus, Fa. Zeiss, Jena) unter 400facher Vergrößerung (Okular:

10x, Objektiv: 40x). Geeignete Stellen werden mit Hilfe einer an das Mikroskop angeschlossenen Digitalkamera (AxioCam MRc color, Fa. Zeiss, Jena) fotografiert und mittels Software (Axio Vision Version 3.0, Fa. Zeiss, Jena) auf einen PC übertragen. Dabei dient die Software auch der Bildbearbeitung, wie zum Beispiel dem automatisierten Einfügen von Maßstäben. Bei Bedarf werden die Fotos mit einem weiteren Programm (Photoshop 8.0.1, Fa. Adobe, San Jose, CA) nachbearbeitet, um Helligkeit und Kontrast auf jedem Bild individuell abzustimmen (Kagerer & Grupe 2001).

#### **4.2.3) Auszählen der Ringe**

Die Zahnzementringe werden manuell am Computerbildschirm ausgezählt. Hierfür werden pro Zahn drei Fotos ausgewählt, welche eine besonders deutliche und/oder gut erhaltene Zementschicht aufweisen. Die Zahnzementringe auf jedem verwendeten Bild werden an drei Stellen von zwei Personen unabhängig gezählt, um personelle Fehler auszuschließen. Für die Auswertung wird der stabilste Wert (Modalwert) verwendet (Kagerer & Grupe 2001), oder, bei gleicher Anzahl der häufigsten Werte, der stabile Wert mit dem größeren Zählergebnis.

Die Auszählung wird an der hypomineralisierten Durchbruchlinie begonnen. Sie zeigt sich als erste deutlich heller erscheinende Linie, nahe der Grenze zwischen Dentin und Zahnzement. Die Durchbruchlinie bildet sich aufgrund der schnellen Durchbruchsbewegung des Zahns und dem begleitend hohen Mineralbedarf (Kagerer & Grupe 2001). Des Weiteren werden jedes Jahr zwei Zuwachslinien, sichtbar als eine helle und eine dunkle Bande, angelegt. Zum Auszählen eignen sich entweder die hellen oder die dunklen Linien (Wittwer-Backofen et al. 2004, Großkopf 1990).

Das histologische Sterbealter der einzelnen Individuen wird bei dieser Methode ermittelt, indem das mittlere geschlechtsspezifische Zahndurchbruchsalter (siehe Tabelle 9, nach Adler 1967) des jeweiligen Zahns mit dem Modalwert addiert wird. Sollte das Geschlecht



des Individuums nicht bekannt sein, wird aus den Angaben für beide Geschlechter der Mittelwert herangezogen.

Tabelle 9: durchschnittliche Zahndurchbruchstermine (Adler 1967)

<b>Maxilla</b>	<b>Männer</b>	<b>Frauen</b>	<b>Mandibula</b>	<b>Männer</b>	<b>Frauen</b>
<b>I1</b>	7,45	7,15	<b>I1</b>	6,64	6,34
<b>I2</b>	8,56	8,18	<b>I2</b>	7,69	7,39
<b>C</b>	11,81	11,12	<b>C</b>	10,8	9,81
<b>P1</b>	10,43	10,06	<b>P1</b>	10,9	10,32
<b>P2</b>	11,22	10,87	<b>P2</b>	11,61	11,06
<b>M1</b>	6,58	6,38	<b>M1</b>	6,48	6,18
<b>M2</b>	12,52	12,17	<b>M2</b>	11,98	11,61

### 4.3) Kollagen-Gelatine-Extraktion

Die Kollagen-Gelatine-Extraktion ist eine invasive Methode, daher wurde den zu beprobenden Individuen nach der morphologischen Untersuchung ein Skelettelement mit geringem diagnostischen Wert entnommen. Meist handelte es sich hierbei um Rippenfragmente (*Costae*), Mittelhand- (*Ossa metacarpi*) oder Mittelfußknochen (*Ossa metatarsi*). Das Gewicht einer Probe sollte etwa ein Gramm betragen. Die Knochenproben wurden zunächst mechanisch, unter fließendem Wasser, dann im Ultraschallbad (Fa. Sonorex, Mörfelden-Walldorf) mit destilliertem Wasser (Seradest LFM 20 und Serapur AP 30, Fa. Seral, Wiesbaden) gereinigt und anschließend homogenisiert (Kugelschwingmühle, MM200, Fa. Retsch, Haan).

Circa 500mg Knochenpulver (Sartorius Feinwaage, Mettler PM 4600, Giessen) wurden jeweils folgenden Extraktionsschritten unterzogen (modifiziert nach Ambrose 1993, Longin 1971):

20minütige Extraktion in 10mL 1M HCl (Fa. Roth, Karlsruhe) auf dem Rollenschüttler (IKA-Vibray, VXR basic, Fa. IKA, Staufen). Dieser Schritt dient dem Herauslösen des mineralischen Knochenanteils und des adsorbierten Karbonats. Anschließend muss der Ansatz für fünf Minuten bei 3000rpm zentrifugiert (Centrifuge 5417R, Fa. Eppendorf, Hamburg) und mit destilliertem Wasser bis zur Neutralität gewaschen werden. Danach wird das Pellet in 10mL 0,125M NaOH (Fa. Roth, Karlsruhe) überführt, wobei der Probenansatz für 20 Stunden auf dem Rollenschüttler verbleibt. Durch diese Behandlung werden Huminsäuren aus dem Substrat gelöst. Danach wird erneut zentrifugiert und bis zur Neutralität gewaschen. Anschließend wird das Pellet mit 10mL 0,001M HCl versetzt und zehn bis 17 Stunden bei 90°C im Wasserbad (Fa. Memmert, Schwabach) inkubiert. Durch die hohe Temperatur und das leicht saure Milieu wird das Kollagen als Gelatine aus dem verbleibenden Pellet herausgelöst. Danach wird das in Lösung befindliche Kollagen über Saugflaschen (100mL, Fa. Schott Duran, Mainz) und Filternutschen (50mL, Porosität 3, Fa. Schott Duran, Mainz), die zusätzlich mit Rundfiltern (MN 615, 22s, Durchmesser: 5,5cm, Dicke: 0,16mm) versehen sind, in Schnappdeckelgläser (Fa. Schott Duran, Mainz) überführt. Dieser Schritt dient der Entfernung „nichtkollagener“ organischer Substanzen-Partikel. Anschließend wird das Kollagen in Lösung drei bis vier Tage lyophilisiert (Fa. Christ, Gefriertrocknungsanlagen ALPHA 1-4 LD-2 und LOC-1m, Vakuumpumpe DUO 5).

#### **4.4) Aminosäureanalyse**

Zur Untersuchung der Qualität des Kollagens aus der Gelatine-Extraktion dient die Aminosäureanalyse. Mit Hilfe der Aminosäureanalyse kann der Gehalt an Aminosäuren

pro 100mg Knochenmehl (in nmol) und die prozentuale Verteilung der verschiedenen im untersuchten Kollagen enthaltenen Aminosäuren (in nmol%) errechnet werden.

Beispielsweise kann ein selektiver Verlust von Aminosäuren erkannt werden, der die Isotopen-Messungen beeinträchtigen könnte. Jede Aminosäure weist eigene Isotopenverhältnisse auf, somit kann ein signifikanter Abbau einer oder mehrerer Aminosäuren Auswirkungen auf die  $\delta$ -Werte des Kollagens haben (Ambrose 1993). Eingesetzt wurden die Lyophilisate aus der in Kapitel 4.3 beschriebenen Kollagen-Gelatine-Extraktion.

Jeweils ca. 2mg Lyophilisat werden in Teflongefäßen (Fa. Fischer, Berkatal) mit 1mL 6N HCl (Fa. Roth, Karlsruhe) versetzt und für elf bis 15 Stunden bei 115°C im Wärmeschrank (Fa. Memmert, Schwabach) hydrolysiert. Nach Abrauchen der Salzsäure wird das gelblich-bräunliche Hydrolysat in 1mL 0,2M Lithium-Citrat-Puffer pH 2,2 (Fa. Pharmacia Biotech) aufgenommen. Jeweils 40 $\mu$ L der Probenlösung werden in Analyseröhrchen gegeben und mit 10 $\mu$ L Lithium-Citrat-Puffer überschichtet. Ein definiertes Aminosäuregemisch der Firma Sigma dient als Standard. Nach diesen Schritten können die Proben im Aminosäureanalysator bearbeitet werden.

Ein HPLC-Aminosäureanalysator (Fa. Pharmacia, Typ LKB Alpha Plus II, Li-System) erstellt die Aminosäurechromatogramme. Dies geschieht nach folgendem Prinzip:

Die injizierte Probe wird mit verschiedenen konzentrierten oder unterschiedlichen pH-Puffern (Lithium Citrat, pH 2,8; Sodium Citrat, pH 3,35; Sodium Citrat, pH 4,25; Borat Citrat, pH 8,6; Lithium Hydroxid-Lösung, Fa. Pharmacia Biotech) auf eine Ionenaustauscher-Säule gepumpt. Mittels dieser unterschiedlichen Puffer werden die Aminosäuren der Probe in Abhängigkeit von ihrem isoelektrischen Punkt einzeln von der Säule eluiert. Am Mischblock wird das Eluat mit Ninhydrin gemischt und reagiert zu einem farbigen Komplex. Dieser durchläuft ein Photometer und wird bei Wellenlängen von 440nm und 570nm gemessen. Die Farbintensität dient als Maß für die jeweilige

Aminosäurekonzentration. Das produzierte elektrische Signal wird an einen angeschlossenen Computer (Scientific Software: EZChrom Chromatography Data System, Version 6.6) geleitet, an dem die weitere Auswertung erfolgt (Fa. Pharmacia Biotechnology, Laboranleitung für den Typ LKB Alpha Plus II).

Die verschiedenen Aminosäuren werden jeweils an ihren unterschiedlichen Retentionszeiten qualitativ- und an der Farbtintensität mit Ninhydrin quantitativ bestimmt. Der Nachweis ist ab 0,05nmol pro  $\mu\text{L}$  möglich.

Die qualitative Beurteilung des Kollagens erfolgt nach in Tabelle 10 zusammengefassten Referenzwerten (Ambrose 1993, DeNiro 1985, DeNiro & Weiner 1988, Elster et al. 1991, Grupe 1992, Schoeninger et al. 1989, Tuross et al. 1988).

**Tabelle 10: Qualitätskriterien zum Erhaltungsgrad des Kollagens**

<b>guter Kollagenerhalt</b>	<b>schlechter Kollagenerhalt</b>
>250nmol Aminosäuren/ mg Protein	<50nmol Protein
ca. 1/3 aller Aminosäuren sind gly (ca. 33mol% gly)	
ca. 1/3 aller Aminosäuren sind pro, OH-pro und ala (ca. 33mol%)	ca. 40mol% asp + ser
gly/glu = 3-5	gly/glu < 2,5
gly/asp $\geq$ 5-7	gly/asp < 5
OH-pro/asp $\geq$ 1,5	OH-pro/asp < 1,5
asp/pro < 10	asp/pro > 10

#### ***4.5) Extraktion des anorganischen Knochenanteils***

Die Vorbehandlung der Knochen einschließlich der Homogenisierung ist im Rahmen der Kollagen-Gelatine-Extraktion unter Punkt 4.3 beschrieben. Circa 100mg Knochenpulver wurden jeweils folgenden Extraktionsschritten unterzogen (modifiziert nach Balasse et al. 1999):

Extraktion in 5mL 4% NaOCl-Lösung (Fa. Roth, Karlsruhe) auf dem Rollenschüttler, bis keine Bläschenbildung mehr zu erkennen ist. Die Behandlung dauert in der Regel zwei bis drei Tage, bei Bedarf muss nach einem Tag das NaOCl gewechselt werden. Dieser Schritt dient der Entfernung des organischen Anteils mittels Oxidation (Koch et al. 1997).

Anschließend muss das Knochenpulver für fünf Minuten bei 2100g zentrifugiert und mittels destillierten Wassers neutral gewaschen werden. Danach wird das Pellet in 5mL 1M Ca-Acetat-Essigsäure-Puffer (pH 4,75, Fa. Roth, Karlsruhe) überführt, wobei der Extraktionsansatz für ca. fünf Stunden auf dem Rollenschüttler verbleibt. Durch diese Behandlung wird adsorbiertes Karbonat entfernt (Lee-Thorp & van der Merwe 1991).

Nach diesem Schritt wird wieder zentrifugiert und bis zur Neutralität gewaschen.

Anschließend werden die Proben mit wenig Wasser in Schnappdeckelgläschen überführt und drei bis vier Tage lyophilisiert. Danach werden sie in Eppendorf-Cups eingewogen und mit offenem Deckel mehrere Stunden bei 50°C im Ofen inkubiert. Auf diese Weise kann ein störender Hintergrund durch Sauerstoff in Wassermolekülen während der Messung mittels Massenspektrometrie verringert werden.

#### ***4.6) Der Kollagengehalt und der anorganische Knochenanteil***

Um den Anteil von Kollagen im Knochen bestimmen zu können, wurden die relativen Gewichtsprozentage ermittelt. Dafür wurden das eingesetzte Knochenmehl vor der Extraktion und das nach der Gefriertrocknung erhaltene Lyophilisat mittels Analysewaage gewogen (Sartorius Feinwaage, Mettler PM 4600, Giessen). Durch die Bestimmung des prozentualen Anteils des Kollagengewichts am Gewicht des eingesetzten Knochenmehls erhält man den Kollagengehalt in Gewichtsprozent. Der Aminosäureanalysator ermittelt in nmol, wie viele Aminosäuren in 20µL Extrakt enthalten sind. Daraus kann der Aminosäuregehalt in nmol pro 100mg Knochenmehl errechnet werden.

Der Anteil von anorganischem Material im Knochen wird ebenfalls über die Einwaage von Knochenmehl vor der Extraktion und die Ausbeute nach der Extraktion bestimmt. Auch hier werden die relativen Gewichtsprozentage ermittelt.

Der Kollagengehalt und der anorganische Anteil im Knochen dienen als quantitative Merkmale zum Vergleich mit rezentem Knochenmaterial bzw. weiteren historischen Knochen.

#### ***4.7) Massenspektrometrie***

Das im Jahr 1919 von Francis W. Aston entwickelte Massenspektrometer dient zur Ermittlung, welche Isotope ein Element enthält, was ihre genauen Massen sind und in welchen Mengenverhältnissen sie vorliegen. Von Fry et al. (1992) wurde die Technik der Massenspektrometrie automatisiert und somit wissenschaftlichen Fragestellungen zugänglich gemacht. Im Folgenden soll kurz das Prinzip der Massenspektrometrie erklärt werden:

Die zu untersuchende Substanz wird verdampft und mit einem Elektronenstrahl beschossen. Dadurch entstehen positive Ionen, die mittels einer angelegten elektrischen Spannung in Richtung eines Spalts beschleunigt werden. Sie durchfliegen den Spalt mit hoher Geschwindigkeit und passieren danach ein Magnetfeld. Dies zwingt geladene Teilchen auf eine Kreisbahn. Die Ablenkung von der geradlinigen Flugrichtung ist von dem Verhältnis Ladung zu Masse abhängig. Nur Ionen, die den gleichen Wert für den Quotienten Ladung durch Masse haben, fliegen auf der gleichen Kreisbahn und können durch einen Austrittsspalt hindurch treten. Ionen mit anderen Quotienten für Ladung durch Masse können durch Variation der magnetischen Feldstärke auf die passende Flugbahn zum Austrittsspalt geführt werden. So kann man durch die passende Wahl der Feldstärke jede Ionensorte den Detektor einzeln erreichen lassen. Dieser misst die Intensität des Ionenstrahls, welche von der relativen Menge des jeweiligen Isotops in der Probe abhängt (Mortimer 1996).

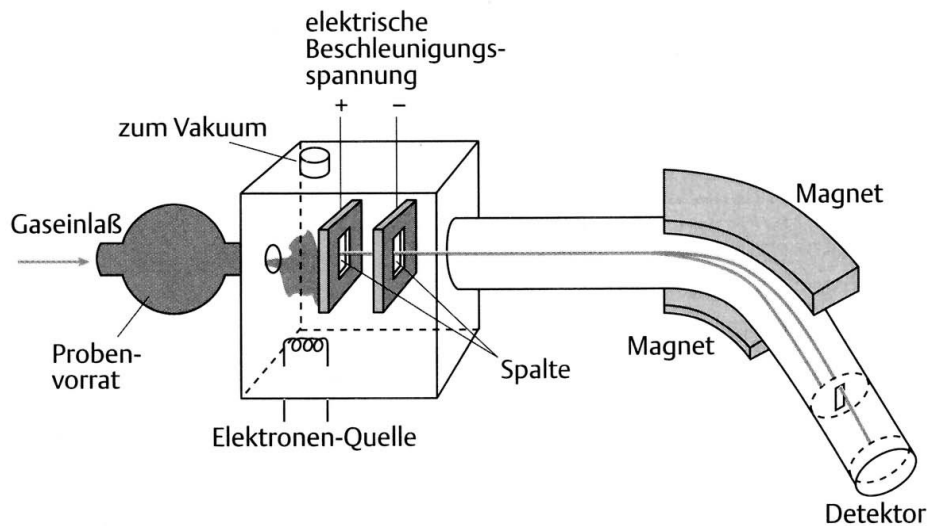


Abbildung 26: Prinzip eines Massenspektrometers (nach Mortimer 1996)

#### 4.7.1) C und N in organischem Material

Die Messung der Proben erfolgte nach Struck et al. (2002) im GeoBio Center der LMU München: Ein gekoppeltes Analysesystem (CHN-Analysator, Fa. Thermo NA 2500, Bremen) und ein Isotopenverhältnis-Massenspektrometer (Delta *plus*, Fa. Thermo Finnigan, Bremen) werden zur Analyse der Verhältnisse der stabilen Isotope des Kohlenstoffs ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) und des Stickstoffs ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) aus organischen Proben verwendet. Dafür wird Lyophilisat aus der Kollagen-Gelatine-Extraktion in Zinnkapseln mit einer Spanne von 0,5 bis 1,5mg eingewogen. In dem CHN-Analysator werden die Proben unter Sauerstoffzugabe bei bis zu 1800°C verbrannt. Das nach der Verbrennung entstandene Gasgemisch wird mittels Chemikalien zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{N}_2$  umgewandelt und mit Helium als Trägergas durch das CONFLO II-Interface (Fa. Thermo Finnigan, Bremen) in das Isotopen-Massenspektrometer geleitet. Die Isotopenverhältnisse werden über einen kalibrierten gasförmigen Laborstandard bestimmt. Die Kalibration der Laborstandards (z.B. Pepton) wird mittels der IAEA- (*International Atomic Energy Agency*) Standards *Atropina* und *Holzmar* für  $\text{CO}_2$ , sowie N1 und N2 für Stickstoff vorgenommen. Die Isotopenverhältnisse werden relativ gegen PDB, den fossilen marinen Kalkstein des Cephalopoden *Belemnitella americana* (Craig 1957), oder Luft- $\text{N}_2$  (Mariotti 1983) in der konventionellen Delta-Notation ( $\delta^{15}\text{N}$  bzw.  $\delta^{13}\text{C}$ ) in Promille dargestellt:

$$\delta (\text{‰}) = [(R_{\text{Probe}}/R_{\text{Standard}})-1] \times 1000 \quad (\text{Mc Kinney et al. 1950})$$

Hierbei stellt  $R$  das Verhältnis des schweren zum leichten Isotop dar. Die  $\delta$ -Werte der stabilen Isotope sind Daten einer Intervall-Skala, die relativ zu einem Nullpunkt ausgedrückt werden. Sie können somit positiv und negativ sein. Je positiver der  $\delta$ -Wert einer Probe ist, desto mehr ist diese mit dem schweren Isotop angereichert. Ein negativer Wert dagegen bedeutet, dass eine Abreicherung vorliegt. Die meisten biologischen Proben



enthalten weniger  $^{13}\text{C}$  als der Standard PDB und sind damit negativ. Bei Messungen des  $^{15}\text{N}$ -Gehalts sind die Werte biologischer Substanzen häufig positiv, weil sie mehr  $^{15}\text{N}$  enthalten als der Luft-Standard (Mays 2000). Der Messfehler des Laborstandards beträgt  $\leq 0,15\%$  (Standardabweichung).

Für die Berechnung von  $\delta^{13}\text{C}$  lautet die Gleichung:

$$\delta^{13}\text{C}_{(\text{Probe})} = \left[ \left( \frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{Probe}}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{PDB}}} \right) - 1 \right] \times 1000 \text{ [‰]}$$

Für die Berechnung von  $\delta^{15}\text{N}$  lautet die Gleichung:

$$\delta^{15}\text{N}_{(\text{Probe})} = \left[ \left( \frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{Probe}}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{\text{LUFT}}} \right) - 1 \right] \times 1000 \text{ [‰]}$$

Neben den stabilen Isotopenverhältnissen können mittels Massenspektrometrie die Gewichtsprozentage von Kohlenstoff und Stickstoff im Kollagen und deren Verhältnis zueinander berechnet werden. Hierfür wird das Gewicht (in mg) des gemessenen stabilen Isotops durch die Einwaage dividiert und mit 100 multipliziert.

### 4.7.2) C und O in anorganischem Material

Die Messung der Proben erfolgte nach Gilg et al. (2003) im GeoBio Center der LMU München: Die Ermittlung der Isotopenverhältnisse des Kohlenstoffs ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) und Sauerstoffs ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) in Karbonat-Proben erfolgt mittels eines gekoppelten Analysesystems (Gasbench II und Delta plus, Fa. Thermo Finnigan, Bremen). Hierbei wird jede Probe bei konstanter Temperatur von  $72^\circ\text{C}$  mit Ortho-Phosphorsäure (Sigma-Aldrich, Steinheim) versetzt, wobei  $\text{CO}_2$  entsteht. Mit Helium als Trägergas (4.6; Fa. Linde AG, Höllriegelskreuth) wird dieses in ein Isotopenverhältnis-Massenspektrometer geleitet. Mit Hilfe eines kalibrierten, gasförmigen Standards werden die Verhältnisse bestimmt. Die

Kalibration des Laborstandards (Pfeilstandard) erfolgt mittels der IAEA Standards NBS 18 (Kalzit, Nr. 202) und NBS 19 (Toilet Seat-Kalkstein, Nr.608), die Isotopenverhältnisse werden relativ gegen PDB in der konventionellen Delta-Notation ( $\delta^{18}\text{O}$  bzw.  $\delta^{13}\text{C}$ ) in Promille dargestellt. Der Messfehler des Laborstandards beträgt  $\leq 0,1\text{‰}$  (Standardabweichung).

Für die Berechnung von  $\delta^{13}\text{C}$  siehe Gleichung oben.

Für die Berechnung von  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$  lautet die Gleichung:

$$\delta^{18}\text{O}(\text{Probe}) = \left[ \left( \frac{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{Probe}}}{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}_{\text{PDB}}} \right) - 1 \right] \times 1000 \text{ [‰]}$$

Die Umrechnung der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte in  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte erfolgt über Hoefs (2004). Diese Gleichung lautet:

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}} = (1,03728 \times \delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}) + 30,86 \text{ [‰]}$$

In der Literatur gibt es mehrere Gleichungen für die Umrechnung in lokal konsumiertes Wasser (Bentley & Knipper 2005, Iacumin et al. 1996, Kohn 1996). Hier wurde die Gleichung von Iacumin (1996) herangezogen, die sich erfahrungsgemäß für historisches Skelettmaterial am besten eignet (persönliche Mitteilung von Dr. Peter Horn, 2007.

Department of Earth and Environmental Sciences, Section for Mineralogy, Petrology and Geochemistry, München):

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}} = 0,998 \times \delta^{18}\text{O}_{\text{WATER}} + 33,63 \text{ [‰]}$$

Die Ergebnisse werden mit den Schätzwerten der OIPC-Homepage (*online isotopes in precipitation calculator*, [www.waterisotopes.org](http://www.waterisotopes.org), letzter Zugriff September 2008) abgeglichen.

## 4.8) Molekulargenetische Untersuchungen

### 4.8.1) DNA-Extraktion

Die morphologische Untersuchung ergab bei mehreren Individuen Auffälligkeiten bezüglich pathologischer Veränderungen und/oder Hinweise auf Tuberkulose. In sechs Fällen wurden Skelettelemente entnommen, meist handelte es sich hierbei um Rippenfragmente (*Costae*) oder Brustwirbelkörper (*Vertebrae thoracicae*). Um eine Kontamination durch die Knochenoberfläche auszuschließen, wurden die Proben zunächst mit hochreinem Wasser (Aqua ad iniectabilia, Delta Select GmbH, Pfullingen) gereinigt, danach wurde die Oberfläche mechanisch entfernt (Feinbohrschleifer FBS 240/E, Fa. Proxxon, Niersbach und HM Fräse, Fa. MN Dental Instruments, München). Aus dem Inneren der jeweiligen Knochenprobe wurde ein Stück entnommen (Diamant-Trennscheibe, Fa. MN Dental Instruments, München) und mittels Kugelschwingmühle homogenisiert (MM200, Fa. Retsch, Haan). Um Kontaminationen zu vermeiden, wurde unter sterilen Bedingungen gearbeitet (Werkbank, steril, Herolab, Clene Cab, Fa. Heraeus Instruments), die Geräte wurden stets mehreren Reinigungsschritten (DNAErase, ICN Biomedicals Inc, Eschwege), unter anderem einer Heißluftsterilisation (Heißluftsterilisator APT Line, Fa. Binder GmbH, Tuttlingen), unterzogen.

Ein Gramm Knochenpulver (Präzisionswaage Scaltec SBC33, Fa. Sartorius AG, München) wurde jeweils in folgenden Arbeitsschritten extrahiert (modifiziert nach Evison et al. 1997 und Boom et al. 1990):

Aufnahme des Knochenpulvers und der Negativkontrollen in 2mL EDTA-Lösung (0,5M, Fa. Sigma-Aldrich, Steinheim) mit 25µL Proteinase K (0,25mg/mL, Fa. Sigma-Aldrich, Steinheim) und Inkubation für zwei Tage bei Raumtemperatur in speziell abgedichteten (Parafilm M, Pechiney Plastic Packaging, Chicago) sterilen PS-Tubes (4,5mL, Fa. Greiner Labortechnik, Kremismünster) auf einem Rotationsmischer (Agitateur rotatif). Dieser Schritt

dient der Entkalkung und Eliminierung potentiell vorhandener Proteine. Um dies zu erreichen, muss am zweiten Tag der Extraktion erneut 25µL Proteinase K hinzugegeben werden.

Anschließend werden die Proben 15 Minuten bei 4000g zentrifugiert (Sigma 2-4, Fa. Sigma-Aldrich, Taufkirchen). 0,5mL des Überstandes, in dem sich die DNA gelöst hat, werden entnommen und vier Zyklen Hitze- (95°C, 800rpm, 4 Minuten, Thermomixer compact, Fa. Eppendorf, Hamburg) und Kälteschocks (flüssiger N<sub>2</sub>, Fa. Linde AG, Höllriegelskreuth) ausgesetzt. Durch diesen Schritt lassen sich die widerstandsfähigen Zellwände des Mykobakteriums aufbrechen. Nach erneuter Zentrifugation (Tischzentrifuge, Fa. neoLab, Heidelberg) werden 1mL frisch hergestellte GSCN-Lösung (erstellt aus 472mg Guanidinium-Thiocyanat, Fa. Sigma-Aldrich, Taufkirchen; 1mL 0,1M Tris-HCl pH 6,4, Fa. Sigma-Aldrich, Steinheim; 44 µL 0,5M EDTA-Lösung, Fa. Sigma-Aldrich, Steinheim; 13mg Triton X-100, Fa. Sigma-Aldrich, Steinheim) und 50µL Diatomeen-Erde (Fa. Sigma-Aldrich, Steinheim) hinzu gegeben. Es folgt eine weitere Inkubation für zwei Stunden bei Raumtemperatur auf dem Rotator.

Danach werden die Proben zehn Minuten bei 14000rpm zentrifugiert (Centrifuge 5417R, Fa. Eppendorf, Hamburg) und das Pellet zweimal mit 70% Ethanol (1,5mL, pro analysi, Merck kGaA, Darmstadt) und einmal mit Aceton (1,5mL, pro analysi, Merck kGaA, Darmstadt) gewaschen und bei 56°C zehn Minuten im Thermomixer getrocknet.

Anschließend wird die DNA in 120µL hochreinem Wasser gelöst und mittels Microcon-30 Filtern (Fa. Millipore, Bedford) erneut gereinigt und konzentriert. Die so erhaltene, hochkonzentrierte DNA-Lösung wird zuletzt in 20µL hochreinem Wasser aufgenommen.

#### 4.8.2) Amplifikation menschlicher DNA

Um zu testen, ob in den jeweiligen Proben DNA vorhanden ist und die PCR nicht gehemmt wird, wird das 202bp große Segment des menschlichen  $\beta$ -Actin Gens amplifiziert (Ghossein et al. 1994, Zink et al. 2001). Der PCR-Mastermix enthält pro Probe 14,3 $\mu$ L hochreines Wasser, 2 $\mu$ L 10xPCR Puffer II (Applied Biosystems, Fa. Roche, Branchburg, New Jersey), 1,6 $\mu$ L MgCl<sub>2</sub>-Lösung (Applied Biosystems, Fa. Roche, Branchburg, New Jersey), 0,2 $\mu$ L DNA Polymerisations-Mix (20mM/dNTP, Fa. GE Healthcare, Buckinghamshire UK), jeweils 0,4 $\mu$ L 50pmol/ $\mu$ L Primer ACT-1 (Fa. Thermo Electron, Ulm) und 50pmol/ $\mu$ L Primer ACT-2 (Fa. Thermo Electron, Ulm) (siehe Tabelle 11). Als Polymerase dienen 0,1 $\mu$ L AmpliTaqGold-Polymerase (Applied Biosystems, Fa. Roche, Branchburg, New Jersey); mit Zugabe von 1 $\mu$ L der jeweils extrahierten DNA wird das Endvolumen von 20 $\mu$ L erreicht.

**Tabelle 11: Primerpaar für die Amplifikation menschlicher DNA**

ACT-1	5'-CCT TCC TGG GCA TGG AGT CCT G-3'
ACT-2	5'-GGA GCA ATG ATC TTG ATC TTC-3'

Folgendes Amplifikationsprotokoll wird für die PCR verwendet (Primus 25 advanced, Fa. Peqlab, Erlangen): Anfänglich zehn Minuten bei 95°C als erster Denaturierungsschritt. Es folgen insgesamt 45 Zyklen bei 94°C für eine Minute (Denaturierung), bei 60°C drei Minuten (Annealing) und bei 72°C weitere drei Minuten (Extension). Danach acht Minuten bei 72°C (Endextension), nach Programmende kühlt das Gerät automatisch auf 4°C herunter.

### 4.8.3) Amplifikation mykobakterieller DNA

Ein 123bp Segment der repetitiven Sequenz IS6110 des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes wird mittels eines spezifischen Primerpaares (siehe Tabelle 12) amplifiziert (Eisenach et al. 1990, Zink et al. 2001). Der PCR-Mastermix enthält pro Probe 14,9µL hochreines Wasser, 2µL 10xPCR Puffer II (Applied Biosystems, Fa. Roche, Branchburg, New Jersey), 1,2µL MgCl<sub>2</sub>-Lösung (Applied Biosystems, Fa. Roche, Branchburg, New Jersey), 0,2µL DNA Polymerisations-Mix (20mM/dNTP, Fa. GE Healthcare, Buckinghamshire, UK), jeweils 0,3µL 50pmol/µL Primer TB-3 (Fa. Thermo Electron, Ulm) und 50pmol/µL Primer TB-4 (Fa. Thermo Electron, Ulm) und 0,1µL AmpliTaqGold-Polymerase (Applied Biosystems, Fa. Roche, Branchburg, New Jersey). Mit Zugabe von 1µL der jeweils extrahierten DNA wird hier ebenfalls ein Endvolumen von 20µL erreicht.

Tabelle 12: Primerpaar für die Amplifikation mykobakterieller DNA

TB-3	5'-CCT GCG AGC GTA GGC GTC GG-3'
TB-4	5'-CTC GTC CAG CGC CGC TTC GG-3'

Folgendes Amplifikationsprotokoll wird für die PCR verwendet (Perkin Elmer, Fa. Waltham, Massachusetts): Zehn Minuten bei 95°C als erster Denaturierungsschritt, gefolgt von insgesamt 45 Zyklen bei 94°C für eine Minute (Denaturierung), bei 66°C (Annealing) und bei 72°C (Extension) erneut je eine Minute. Danach acht Minuten bei 72°C (Endextension), nach Programmende kühlt das Gerät automatisch auf 4°C herunter.

#### 4.8.4) Gelelektrophorese

9µL der PCR-Produkte werden mit jeweils 2µL Ladebuffer (Fa. Merck, Darmstadt) in die Taschen eines mit Ethidiumbromid (1µL pro 10mL, Fa. Sigma-Aldrich, Steinheim) versetzten 2% Agarosegels (peqGold universal Agarose, Fa. Peqlab, Erlangen) pipettiert. 5µL eines Standards von 50bp oder 100bp Größe (Fa. Amersham Biosciences, Freiburg) werden zur Kontrolle der Länge der amplifizierten DNA aufgetragen. Die Elektrophorese erfolgt für 40 Minuten bei 1000Volt und 70miliAmpere (Midi-Elektrophorese, Fa. Roth, Karlsruhe). Danach werden die PCR-Produkte unter UV-Licht sichtbar gemacht, fotografiert (Gelcam, Fa. Roth, Karlsruhe) und mit Hilfe des Längenstandards ausgewertet.

#### 4.8.5) Restriktionsenzymverdau

Restriktionsenzyme schneiden DNA an definierten Stellen. In den Bakterien, aus denen sie isoliert werden, zerstören sie als Teil eines Schutzmechanismus jede DNA, die von außen in die Zelle eindringt. Zur Veri- bzw. Falsifizierung des 123bp großen Amplifikats der Sequenz IS6110 wurde das Restriktionsenzym *HaeIII* (Applied Biosystems, Fa. Roche, Branchburg, New Jersey) eingesetzt. *HaeIII* erkennt die spezifische Sequenz 5'-GGCC-3' und schneidet an dieser Stelle (Nicholl 1995). 8µL des PCR-Produktes wurden mit 1µL *HaeIII* und 2µL Puffer (Applied Biosystems, Fa. Roche, Branchburg, New Jersey) einem Restriktionsenzymverdau unterzogen. Ist die Probe nach dem Verdau bei erneuter Gelelektrophorese in ein 94bp und ein 29bp großes Produkt aufgespaltet (Haas et al. 2000a), handelt es sich um das 123bp große Fragment der Sequenz IS6110 des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes.

## 5. Ergebnisse – Petersberg

### 5.1) Morphologisch-anthropologische Untersuchung

#### 5.1.1) Minimale Individuenanzahl

Auf die grundlegende Problematik der Abschätzung von Populationsgrößen wurde bereits hingewiesen. Wenn Bevölkerungsgruppen nicht ausschließlich in Individualgräbern bestattet wurden sondern beispielsweise in Gruften, kann eine anthropologisch-paläopathologische Untersuchung nur eine Mindestanzahl an Individuen angeben. Diese Mindestanzahl orientiert sich –je nach Erhaltungszustand– an den robusteren und größeren Skelettelementen. In der vorliegenden Untersuchung wurden für erwachsene Individuen (*Epiphysen* vollständig verwachsen) *postcraniale* rechte und linke Skelettelemente herangezogen, von denen insgesamt mehr als 50% erhalten war (siehe Tabelle 13). Analoges gilt für die Schädel erwachsener Individuen. Diese werden gesondert behandelt, da nach ihnen die Geschlechter- und die Sterbealtersverteilungen berechnet werden.

Tabelle 13: minimale Anzahl erwachsener Individuen anhand postcranialer Skelettelemente

Skelett- element	gesamt		West		Nordost		Südost		in situ		Verwurf	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
<b>Humerus</b>	145	142	33	28	16	15	96	99	66	66	79	76
<b>Ulna</b>	120	121	21	29	14	15	85	77	55	54	65	67
<b>Radius</b>	127	116	29	24	15	15	83	77	55	51	72	65
<b>Femur</b>	144	139	28	27	15	16	101	96	64	52	80	87
<b>Tibia</b>	125	124	23	20	15	15	87	89	54	52	71	72
<b>Fibula</b>	90	81	13	10	15	14	62	57	53	52	37	29



Skelett- element	gesamt		West		Nordost		Südost		in situ		Verwurf	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
<b>Clavicula</b>	102	101	27	24	12	11	63	66	64	59	38	42
<b>Scapula</b>	111	115	29	27	14	13	68	75	66	66	45	49
<b>Os sca- phoideum</b>	65	68	12	13	8	10	45	45	34	38	31	30
<b>Pelvis</b>	129	123	28	23	16	16	85	84	62	60	67	63
<b>Patella</b>	84	78	17	18	13	13	54	47	44	42	40	36
<b>Calcaneus</b>	88	83	16	11	11	11	61	61	47	45	41	38
<b>Talus</b>	93	94	19	14	14	12	60	68	44	45	49	49
<b>Os naviculare</b>	61	63	14	10	8	10	39	43	30	33	31	30

Die größte minimale Individuenanzahl ergibt sich aus der Zahl der *Humeri* (145 rechts und 142 links), das *Os naviculare* stellt mit 61 rechten und 63 linken die kleinste minimale Individuenzahl dar. Für die weitere Analyse und Interpretation wurden die Friedhofsteile West, Nordost und Südost getrennt aufgelistet und die Skelettelemente der *in situ*-Individuen den Individuen aus dem Verwurf gegenübergestellt. In der Regel sind im Verwurf mehr Skelettelemente vorhanden als *in situ*, ausgenommen kleine Knochen oder sehr fragiles Material. In Tabelle 13 ist zu erkennen, dass die meisten Individuen im Südostteil des Friedhofs begraben wurden (minimale Individuenanzahl rechte *Femora* 101), gefolgt vom Westteil (minimale Individuenanzahl rechte *Humeri* 33). Im Nordostteil liegt die minimale Individuenanzahl bei 16 (linke *Femora* und rechte *Humeri*).

Außerdem konnten im gesamten Friedhofsareal minimal 70 Kinder (Knochen mit unverwachsenen oder unvollständig verwachsenen *Epiphysen*) gefunden werden (siehe Anhang Tabelle 49). Bei Kindern und Jugendlichen ist im Gegensatz zu den Adulten eine

präzisere individuelle Zuordnung möglich. Die Bestimmung der Länge der Röhrenknochen und des Zahnstatus gibt hier deutlich bessere Hinweise auf das Sterbealter der Individuen und lässt damit eine valide Aussage über die Anzahl der beerdigten Immaturen zu (siehe z. B. Methoden 4.1.2).

### 5.1.2) Geschlechterverteilung

Die Auswertung der Geschlechtsdiagnose am erwachsenen Skelett erfolgte primär nach Anzahl der *Calvaria* (Schädel ohne *Mandibulae*). Konnten einem Individuum weitere für die Geschlechtsdiagnose relevante Skelettelemente zugeordnet werden, wurden diese in die Diagnostik einbezogen. Entsprechend üblicher Klassifikationen erfolgte die Gruppierung geschlechterspezifisch in die Kategorien: *sicher*, *wahrscheinlich* und *eher* (siehe Methoden: 4.1.1). Eine Geschlechtsbestimmung ließ sich bei 144 von 153 Schädeln durchführen; 9 Schädel (5,88%) waren nicht bestimmbar. Insgesamt konnten 107 männliche (69,94%) und 37 weibliche (24,18%) Schädel identifiziert werden.

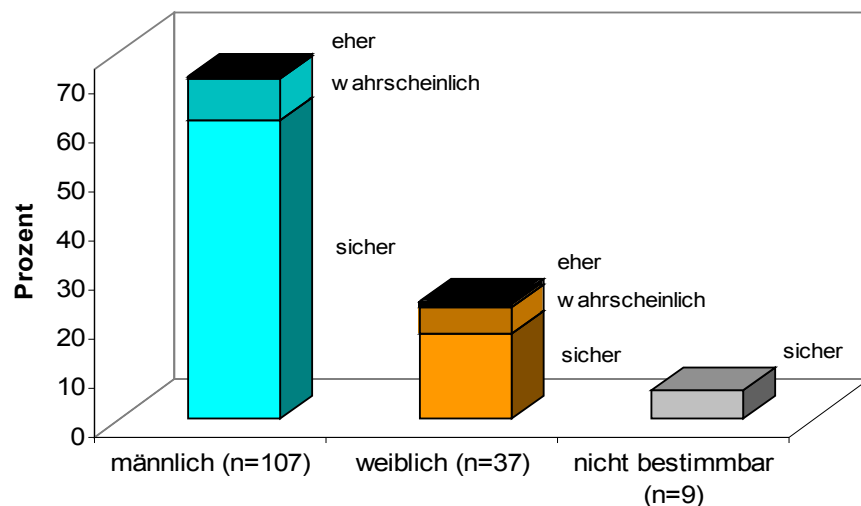


Abbildung 27: Geschlechterverteilung des gesamten Friedhofs

Als *sicher männlich* wurden 93 (60,79%), als *wahrscheinlich* 13 (8,50%) und als *eher* ein Individuum (0,65%) bestimmt. *Sicher weiblich* sind 17,65% (27 von 37), *wahrscheinlich weiblich* 5,23% (8 von 37) und *eher weiblich* 1,30% (2 von 37). Hieraus ergibt sich ein Maskulinitätsindex des gesamten Friedhofes von 289,19.

Da insgesamt nur vergleichsweise wenige Individuen als „wahrscheinlich“ und „eher“ bestimmt wurden, sollen bei der folgenden Auswertung alle Beobachtungen und Werte auf die Kategorien „männlich“, „weiblich“ und „nicht bestimmbar“ reduziert werden. Im Westteil des Friedhofs wurden 48,28% (14 von 29) der Individuen als *männlich* befundet, 37,93% (11 von 29) als *weiblich* und 13,79% (vier von 29) als *nicht bestimmbar*. Der Maskulinitätsindex beträgt im Westteil 127,27. Der Nordostteil des Friedhofs enthält 60,00% (neun von 15) männliche Individuen und 40,00% (sechs von 15) weibliche, der Maskulinitätsindex beträgt hier 150,00. Im Südostteil wurden 77,06% (84 von 109) der Individuen als *männlich* befundet, 18,35% (20 von 109) als *weiblich* und 4,59% (fünf von 109) als *nicht bestimmbar*. Der Maskulinitätsindex des Südostteils beträgt 420,00. Die statistische Auswertung (Fisher-Exact-Test) zeigt, dass der Männeranteil sehr signifikant mit dem Fundort korreliert ( $p=0,008^{**}$ ), der unterschiedliche Frauenanteil jedoch nicht signifikant ( $p=0,12$ ) verschieden ist.

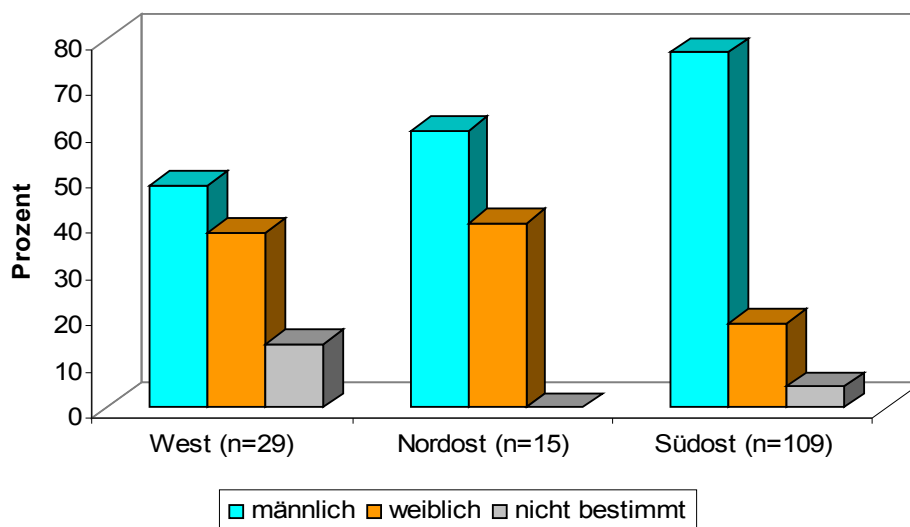
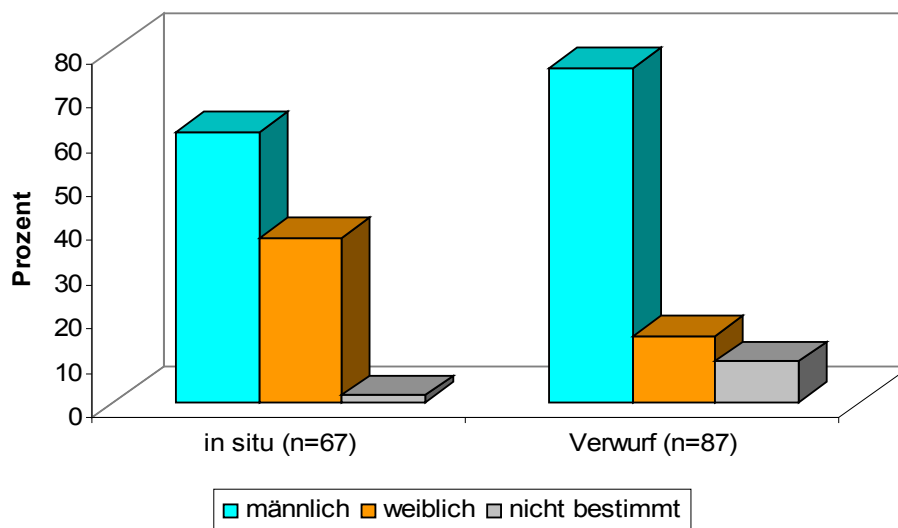


Abbildung 28: Geschlechterverteilung nach Friedhofsarealen

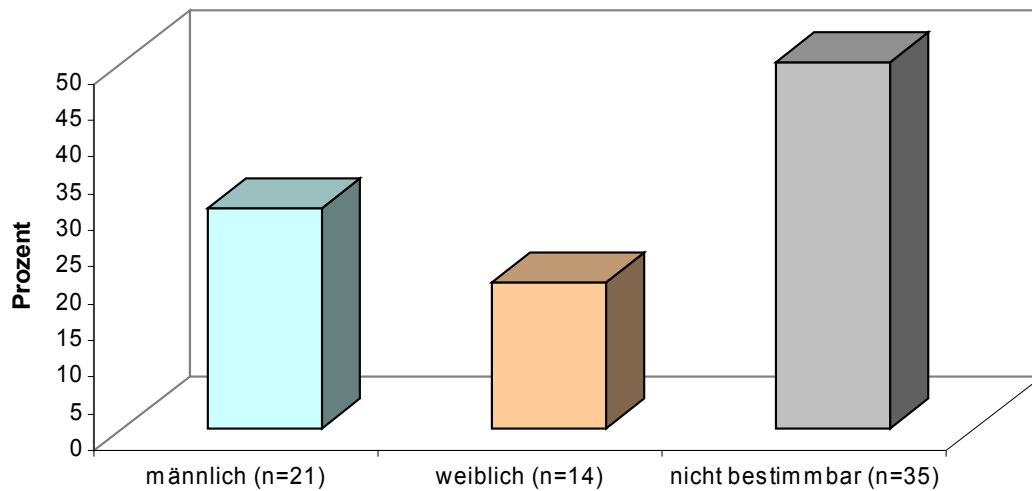
41 von 67 Individuen *in situ* wurden als *männlich* befundet (61,20%), 25 von 67 als *weiblich* (37,31%) und eines von 67 als *nicht bestimmt*. Der Maskulinitätsindex der *in situ*-Individuen beträgt 164,00. 66 von 87 (75,86%) Individuen aus dem Verwurf zeigen männliche Geschlechtsmerkmale, 13 von 87 (14,94%) zeigen weibliche Merkmale und acht von 87 (9,20%) müssen als *nicht bestimmt* gelten. Der Maskulinitätsindex der Individuen aus dem Verwurf beträgt 507,69. Laut Fisher-Exact-Test ist der Unterschied der Männeranteile zwischen *in situ* und Verwurf signifikant ( $p=0,03^*$ ), der Frauenanteil ist, sogar auf höchstem statistischem Niveau ( $p<0,0001^{***}$ ) signifikant.



**Abbildung 29: Geschlechterverteilung der in situ- Individuen und der Individuen im Verwurf**

Das Geschlecht bei Kindern und Jugendlichen konnte, sofern ein Felsenbein (*pars petrosa ossis temporalis*) vorhanden war, nach Graw (2001, 2005) bestimmt werden. Allerdings ist kritisch anzumerken, dass bei jüngeren Individuen der noch nicht verwachsene und erheblich fragilere Schädel eine Zuordnung von einigen Felsenbeinen unmöglich machte, so dass es zu einem relativ hohen Anteil von „nicht bestimmbar“ Kindern und

Jugendlichen kommt. Von 70 Kindern und Jugendlichen konnten 21 als *männlich* (30,00%), 14 als *weiblich* (20,00%) und 35 (50,00%) nicht bestimmt werden.



**Abbildung 30: Geschlechterverteilung der Kinder und Jugendlichen des gesamten Friedhofs**

### 5.1.3) Sterbealtersverteilung/ Zahnzementanalyse (TCA)

Primär wurde die Sterbealtersverteilung –wie auch bei der Geschlechterverteilung– anhand der *Calvaria* der erwachsenen Individuen durchgeführt. Da in vielen Fällen Zähne *in situ* vorhanden waren, war eine zusätzliche Bestimmung des Alters mittels TCA in zahlreichen Fällen möglich. Bei den Kindern und Jugendlichen erfolgte die Sterbealtersbestimmung auch vom *Calvarium* unabhängig, da das Sterbealter hier in der Regel valide über den Zahnstatus und die Langknochen (zum Beispiel Epiphysenstadien) bestimmt werden kann.

Die Bearbeitung der Zahnzementhistologie (v. a. Auszählen) erfolgte durch mehrere Personen, um die Objektivität der Methode zu gewährleisten. Im Falle dieser Arbeit waren das zusätzlich Dipl.-Biol. Martina Kaserer und Dipl.-Biol. Angela Hilz, auf die Diplomarbeit mit dem Titel: „Woran starben junge Erwachsene im Mittelalter?“ (Kaserer 2006) wird ausdrücklich hingewiesen, sie beinhaltet einen Teil der auch hier vorgelegten Daten (Frau Kaserer und Frau Hilz sei schon an dieser Stelle für die kollegiale Hilfe und die exzellente Zusammenarbeit gedankt).

**Tabelle 14: Zähne von Individuen, an denen eine TCA erfolgte (modifiziert nach Kaserer 2006)**

Befund-Nr.	Modalwert	MW	höchster Wert	Zahntyp	mittleres Durchbruchsalter	Sterbealter
68	16	19,0	23	P 45	11,6	27,6
70	34	38,3	48	P 44	10,9	44,9
71	23	26,8	36	P 44	10,9	33,9
72	25	29,0	45	P 34	10,9	35,9
83	27	24,4	32	P44	10,3	37,3
322	36	32,8	49	P 44	10,3	46,3

Befund-Nr.	Modalwert	MW	höchster Wert	Zahntyp	mittleres Durchbruchsalter	Sterbealter
326	40	46,0	78	P 45	11,6	51,6
327	49	35,8	55	P 44	10,9	59,9
335	12	15,0	19	P35	11,1	23,1
336	49	50,8	63	P15	10,9	59,9
365	17	18,1	23	P ?	11,0	28,0
498	28	25,5	34	P 44	10,3	38,3
499	17	24,4	37	P 35	11,6	28,6
500	28	32,6	43	P 45	11,1	39,1
501	42	38,1	49	P 44	10,9	52,9
502	24	22,7	30	P 45	11,6	35,6
526	13	15,1	22	P 14	10,4	23,4
527	20	20,2	25	P 14	10,4	30,4
528	19	21,8	28	P 45	11,6	30,6
539	26	22,6	30	P 45	11,6	37,6
542	30	30,8	40	P 44	10,3	40,3
567	19	24,5	40	P 44	10,3	29,3
577	9	11,8	15	P 44	10,9	19,9
580	28	32,5	36	P45	11,6	39,6
596	34	40,0	61	P 15	11,2	45,2
634	29	29,4	42	P 14	10,4	39,4
635	15	17,2	22	P 35	11,6	26,6
638	26	22,2	29	P 44	10,3	36,3
642	53	47,3	57	P 34	10,3	63,3
643	26	26,1	31	P45	11,6	37,6

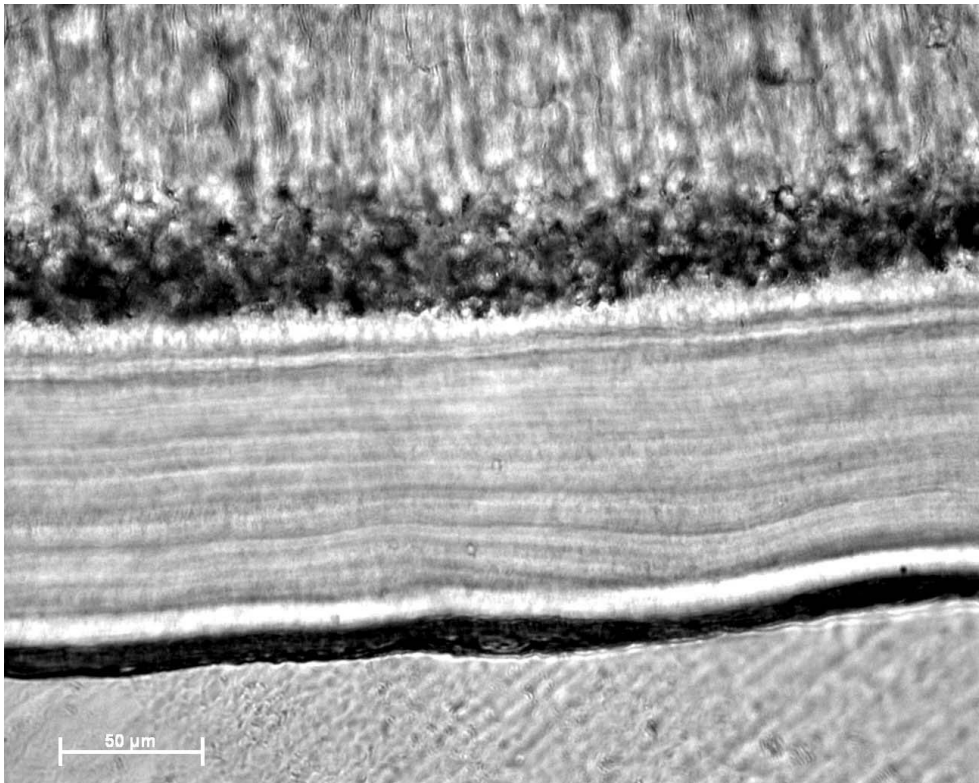
Befund-Nr.	Modalwert	MW	höchster Wert	Zahntyp	mittleres Durchbruchsalter	Sterbealter
644	20	23,7	32	P 34	10,3	30,3
660	17	18,6	24	P 44	10,9	27,9
665	15	19,2	26	P 35	11,1	26,1
666	50	45,7	64	P 45	11,6	61,6
669	36	35,9	42	P 35	11,6	47,6
685	36	33,8	41	P ?	10,6	46,6
702	33	39,1	56	P 24	10,1	43,1
710	35	33,0	40	P 35	11,6	46,6
737	33	29,6	36	P 45	11,1	44,1
739	16	15,4	20	P 45	11,6	27,6
744	50	59,4	80	P 35	11,6	61,6
773	21	23,6	32	P 25	11,2	32,2
774	30	28,6	34	P 34	10,3	40,3
775	26	26,1	31	P 34	10,9	36,9
820	55	49,2	59	P 45	11,6	66,6
831	15	15,8	20	P 45	11,6	26,6
833	19	16,5	23	P 45	11,6	30,6
834	26	33,2	44	P 45	11,1	37,1
841	15	16,8	19	M16	6,6	21,6
900	36	36,1	51	P 45	11,3	47,3
907	31	29,8	33	P44	11,1	42,1
937	25	29,2	37	P 34	10,9	35,9
938	58	58,9	70	P 34	10,3	68,3
980	21	28,4	32	P 45	11,3	32,3



Befund-Nr.	Modalwert	MW	höchster Wert	Zahntyp	mittleres Durchbruchsalter	Sterbealter
1033	29	33,1	35	P34	10,9	39,9
1050	38	36,4	46	P44	10,9	48,9
1058	23	19,7	33	P44	10,9	33,9
1077	37	34,7	48	P44	10,9	37,9
1091	43	41,4	46	P44	10,9	53,9
1037b	40	46,2	51	P35	11,6	51,6
1037c	38	35,9	43	P44	10,9	48,9
227a	21	25,6	34	P 34	10,6	31,6
227b	33	30,9	39	M 38	18,1	51,1
227c	24	25,7	34	P 44	10,6	34,6
328a	44	45,0	58	P 45	11,1	55,1
444 m	41	44,8	51	P 45	11,6	52,6
465b	38	36,8	41	P 34	10,6	48,9
540b	37	38,4	42	P24	10,4	47,4
593a	27	29,6	35	M16	6,4	33,4
593b	20	25,1	35	P 14	10,4	30,4
593d	40	41,4	48	M 18	17,7	57,7
640a	45	40,9	52	P24	10,4	55,4
640b	23	21,4	33	P44	10,9	33,9
640g	27	24,9	31	P44	10,9	37,9
640i	30	35,2	39	P34	10,3	40,3
684a	18	20,2	25	P44	10,9	28,9
684c	27	26,0	32	P 14	10,4	37,1
691a	15	14,2	18	P 45	11,3	26,3

Befund-Nr.	Modalwert	MW	höchster Wert	Zahntyp	mittleres Durchbruchsalter	Sterbealter
691c	37	36,0	43	M 36	6,2	43,2
733 w	12	17,2	23	P 34	10,3	22,3
754b	46	48,7	52	P35	11,6	57,6
792f	26	23,5	29	P 45	11,6	37,6
979a	22	19,4	28	P 25	11,2	33,2
979b	56	53,3	58	P24	10,4	66,4
Q I a	32	34,7	46	P44	10,9	42,9
Q I b	39	42,9	51	P35	11,6	50,6
Q I c	33	29,6	42	P35	11,6	44,6
Q I e	17	18,3	22	P44	10,9	27,9
Q I h	8	8,2	12	P44	10,6	18,6
Q II a	24	22,3	32	P15	11,2	35,2

Eine TCA ließ sich technisch und logistisch an 90 Proben durchführen (siehe Tabelle 14), 15 präparierte Zähne waren technisch nicht auswertbar. Gründe hierfür sind postmortaler Abbau von einigen Ringen oder auch ganzer Zementschichten, im Einzelfall übermäßig ausgeprägte Sägespuren durch das Innenlochsägemikrotom. In diesen Fällen wurde auf das morphologisch bestimmte Alter zurückgegriffen. Ein Vergleich zwischen der „gröberen“ morphologisch-anthropologischen Bestimmung und der TCA-Analyse ergab ein hohes Maß an Übereinstimmung. 77% (n=69) der mittels TCA ausgewerteten Zähne stimmten mit der morphologischen Befundung überein, wohingegen 23% (n=21) in eine andere Altersklasse fielen. Hier wurde in den meisten Fällen die Altersklasse der betroffenen Individuen zugunsten der TCA geändert.



**Abbildung 31: Histologisches Bild der Zementschicht des Individuums Pb1050 vom Prämolaren P 44**

In die Sterbealtersverteilung des **gesamten Friedhofs** wurden 223 Individuen einbezogen (siehe Abbildung 32). Kinder und Jugendliche machen 70 Individuen aus (31,39%). Davon sind 37 fetal, neonat und/oder jünger als ein Jahr (16,59%), elf zwischen ein und drei Jahre alt (4,93%), drei zwischen drei und sechs Jahre (1,35%), fünf zwischen sechs und neun Jahre (2,24%), drei zwischen neun und zwölf Jahre (1,35%), zwei zwischen zwölf und 15 Jahre (0,90%) und sechs zwischen 15 und 20 Jahre alt (2,69%). Ein kindliches Individuum konnte nicht in eine Altersklasse eingeteilt werden, es erscheint folglich nicht in der Grafik, wurde aber bei Berechnungen mit berücksichtigt. Der Anteil an Skeletten bis zu Zwölfjähriger am gesamten Skelettmaterial liegt bei 26,46%, wobei die Altersklassen *Infans I* 22,87% und *Infans II* 3,59% betragen.

153 erwachsene Individuen wurden in die Sterbealtersverteilung einbezogen (68,61%). Anhand der zahnzementanalytischen Beobachtungen ergab sich folgendes Bild: Von den 153 Erwachsenen sind fünf Individuen zwischen 20 und 25 Jahre alt (2,24%), zehn zwischen 25 und 30 Jahre (4,48%), zwölf zwischen 30 und 35 Jahre (5,38%), 17 zwischen 35 und 40 Jahre (7,62%), sechs zwischen 40 und 45 Jahre (2,70%), elf zwischen 45 und 50 Jahre (4,93%), vier zwischen 50 und 55 Jahre (1,79%), sechs zwischen 55 und 60 Jahre (2,69%), drei zwischen 60 und 65 Jahre (1,35%) und drei Individuen zwischen 65 und 70 Jahre alt (1,35%). Bei 78 Individuen war die TCA nicht auswertbar oder es war kein Zahn mehr vorhanden, somit gelten hier die „groben“ morphologischen Altersklassen von 20 bis 40 (5,83%), 30 bis 50 (9,87%), 40 bis 60 (8,52%) und 50 bis 70 Jahre bzw. noch älter (8,97%). Vier Individuen (1,79%) konnten in keine der Altersklassen eingeteilt werden und gelten als nicht bestimmt.

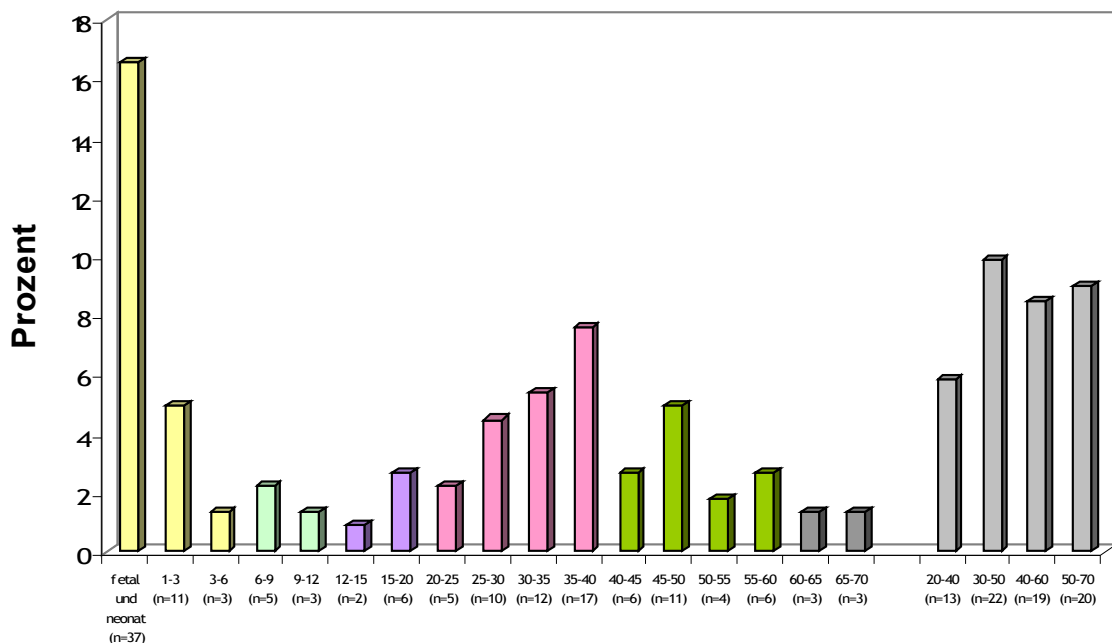


Abbildung 32: Sterbealtersverteilung des gesamten Friedhofs (n=223)

Zur Sterbealtersverteilung des gesamten Friedhofs in Bezug auf das Geschlecht wurden 153 erwachsene Individuen herangezogen (siehe Abbildung 33). Drei weibliche (1,96%) und zwei männliche (1,31%) Individuen sind zwischen 20 und 25 Jahre alt, acht männliche (5,23%) und zwei weibliche (1,31%) zwischen 25 und 30 Jahre, neun männliche (5,88%), zwei weibliche (1,31%) und ein nicht bestimmtes (0,65%) zwischen 30 und 35 Jahre, elf männliche (7,19%) und sechs weibliche (3,92%) zwischen 35 und 40 Jahre, fünf weibliche (3,27%) und ein männliches Individuum (0,65%) zwischen 40 und 45 Jahre, acht männliche (5,23%), zwei weibliche (1,31%) und ein nicht bestimmtes (0,65%) zwischen 45 und 50 Jahre, vier männliche zwischen 50 und 55 Jahre (2,61%), vier männliche (2,61%) und zwei weibliche (1,31%) zwischen 55 und 60 Jahre und jeweils zwei männliche (1,31%) und ein weibliches (0,65%) zwischen 60 und 65 Jahre und 65 und 70 Jahre alt. Mehrere Individuen konnten nur in die „groben“ Altersklassen eingeteilt werden: Vier männliche (2,61%), vier weibliche (2,61%) und fünf nicht bestimmte (3,27%) sind zwischen 20 und 40 Jahre alt, 20 männliche (13,07%) und zwei weibliche (1,31%) Individuen zwischen 30 und 50 Jahre, 15 männliche (9,80%) und vier weibliche (2,61%) zwischen 40 und 60 Jahre und 16 männliche (10,46%) und vier weibliche (2,61%) zwischen 50 und 70 Jahre alt. Zwei Individuen konnten nicht in Altersklassen eingeteilt werden.

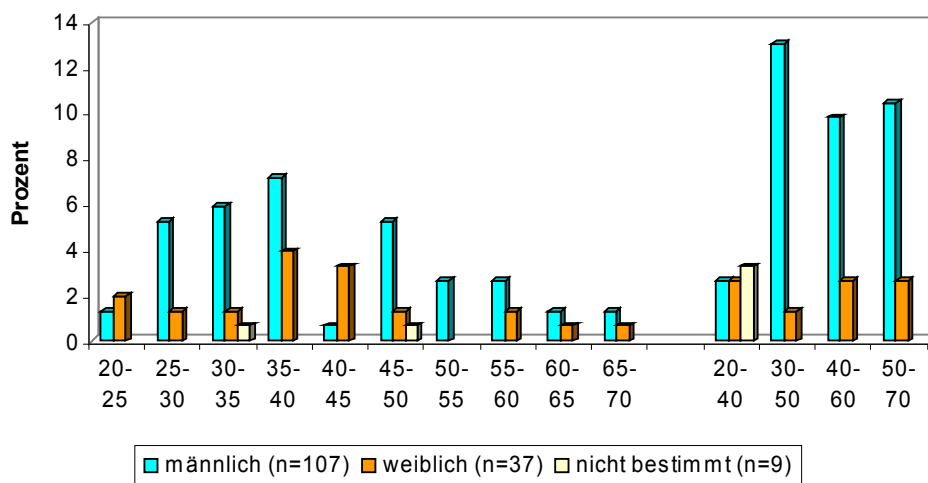


Abbildung 33: Prozentuale Altersverteilung erwachsener Individuen des gesamten Friedhofs (n=153) nach Geschlecht

Im **Westteil** des Friedhofs konnten 63 Individuen in die Sterbealtersverteilung einbezogen werden (siehe Abbildung 34). Kinder und Jugendliche machen hier 34 Individuen aus (53,97%). Davon sind 20 jünger als ein Jahr (31,75%), fünf zwischen ein und drei Jahre alt (7,94%), ein Individuum zwischen drei und sechs Jahre (1,59%), zwei Individuen zwischen sechs und neun Jahre (3,17%), zwei zwischen neun und zwölf Jahre (3,17%) und drei zwischen 15 und 20 Jahre (4,76%) alt. Drei kindliche Individuen konnten nicht in eine Altersklasse eingeteilt werden, sie erscheinen folglich nicht in der Grafik, wurden aber bei Berechnungen mit berücksichtigt. Der Anteil an Skeletten bis zu Zwölfjähriger am gesamten Skelettmaterial des Westteiles liegt bei 47,62%, wobei die Altersklassen *Infans I* 41,28% und *Infans II* 6,34% betragen.

29 erwachsene Individuen wurden in die Sterbealtersverteilung einbezogen (46,03%). Davon ist ein Individuum zwischen 25 und 30 Jahre alt (1,59%), vier zwischen 30 und 35 Jahre (6,35%), vier zwischen 35 und 40 Jahre (6,35%), ein Individuum zwischen 40 und 45 Jahre (1,59%), zwei zwischen 45 und 50 Jahre (3,17%), zwei zwischen 55 und 60 Jahre (3,17%), zwei zwischen 60 und 65 Jahre (3,17%) und ein Individuum ist zwischen 65 und

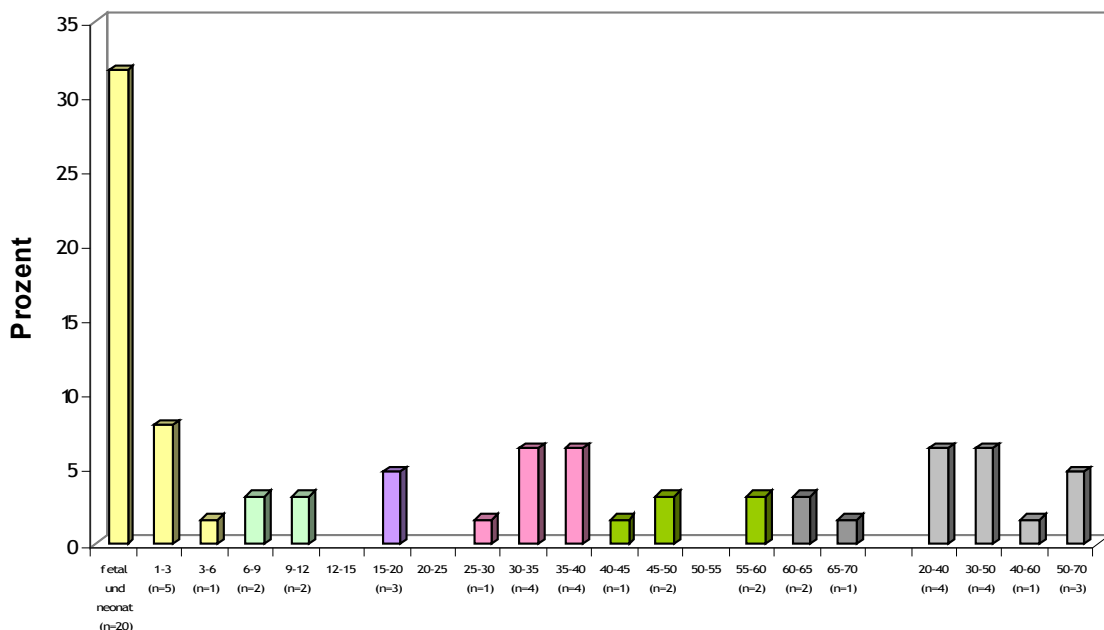
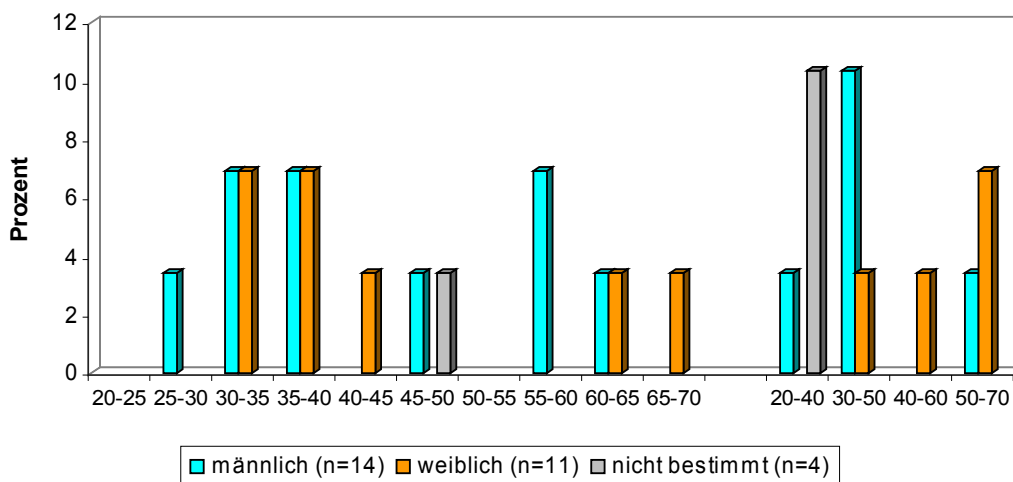


Abbildung 34: Sterbealtersverteilung des Westteils (n=63)

70 Jahre (1,59%) alt. Bei zwölf Individuen war die TCA nicht auswertbar oder kein Zahn mehr vorhanden, somit gelten die „groben“ morphologischen Altersklassen von 20 bis 40 (6,35%), 30 bis 50 (6,35%), 40 bis 60 (1,59%) und 50 bis 70 Jahre bzw. noch älter (4,76%).

Bei der Sterbealtersverteilung des Westteils nach Geschlecht wurden nur erwachsene Individuen herangezogen (siehe Abbildung 35). Ein männliches Individuum (3,45%) ist zwischen 25 und 30 Jahre alt, zwei männliche (6,90%) und zwei weibliche (6,90%) sind zwischen 30 und 35 Jahre, zwei männliche (6,90%) und zwei weibliche (6,90%) sind zwischen 35 und 40 Jahre, ein weibliches (3,45%) ist zwischen 40 und 45 Jahre, ein männliches (3,45%) und ein nicht bestimmtes Individuum (3,45%) sind zwischen 45 und 50 Jahre, zwei männliche (6,90%) zwischen 55 und 60 Jahre, ein männliches (3,45%) und ein weibliches (3,45%) sind zwischen 60 und 65 Jahre alt. Ein weibliches Individuum (3,45%) ist zwischen 65 und 70 Jahre alt. Mehrere Individuen konnten nur in die „groben“ Altersklassen eingeteilt werden. Von 20 bis 40 Jahren gab es hier ein männliches (3,45%) und vier nicht bestimmte (10,34%) Individuen, von 30 bis 50 Jahren drei männliche (10,34%) und ein weibliches (3,45%), von 40 bis 60 ein weibliches Individuum (3,45%) und von 50 bis 70 ein männliches (3,45%) und zwei weibliche (6,90%) Individuen.



**Abbildung 35: Prozentuale Altersverteilung erwachsener Individuen des Westteils (n=29) nach Geschlecht**

Im **Nordostteil** des Friedhofs wurden 29 Individuen in die Sterbealtersverteilung einbezogen (siehe Abbildung 36). Kinder und Jugendliche machen 13 Individuen aus (44,83%). Davon sind neun jünger als ein Jahr (31,03%), zwei zwischen ein und drei Jahre alt (6,90%), ein Individuum zwischen sechs und neun Jahre (3,45%) und ein Individuum zwischen neun und zwölf Jahre alt (3,45%). Skelette von bis zu zwölfjährigen machen 48,28% des Skelettmateriales aus, wobei auf die Altersklasse *Infans I* 41,38% und auf *Infans II* 6,90% entfallen.

16 erwachsene Individuen wurden in die Sterbealtersverteilung einbezogen. Davon sind drei zwischen 20 und 25 Jahre alt (10,34%), eines zwischen 25 und 30 (3,45%), drei zwischen 35 und 40 Jahre (10,34%), zwei zwischen 45 und 50 Jahre (6,90%), zwei zwischen 50 und 55 Jahre (6,90%) und drei zwischen 55 und 60 Jahre alt (10,34%). Bei zwei Individuen (6,90%) war die TCA nicht auswertbar, somit gelten hier die „groben“ morphologischen Altersklassen von 50 bis 70 Jahre bzw. noch älter.

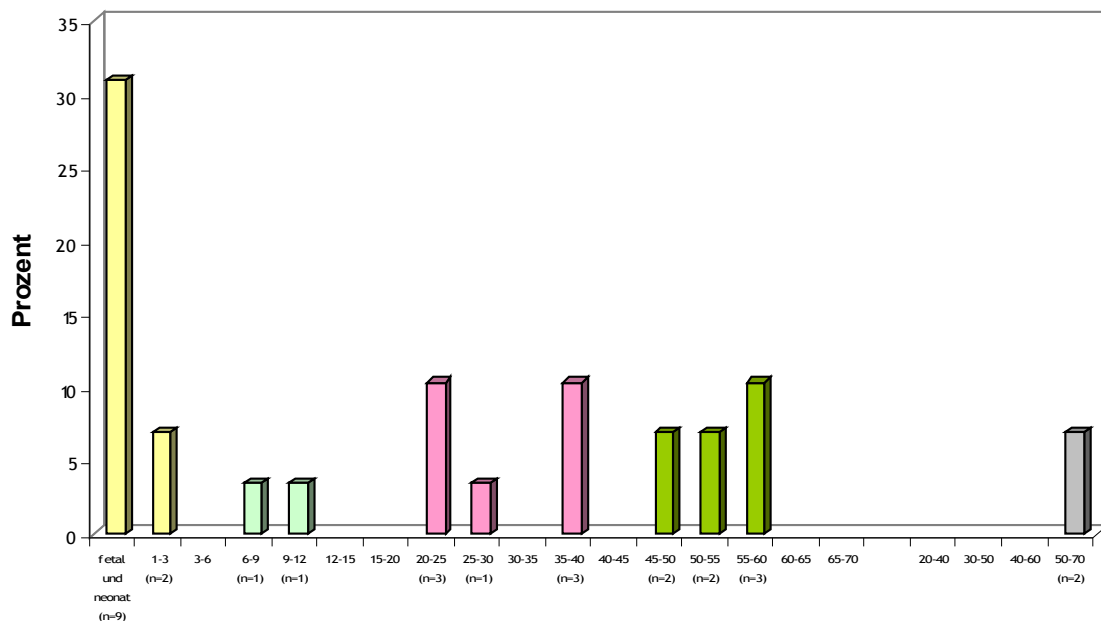


Abbildung 36: Sterbealtersverteilung des Nordostteils (n=29)



Bei der Sterbealtersverteilung des Nordostteils nach Geschlecht im Vergleich wurden ebenfalls nur erwachsene Individuen herangezogen (siehe Abbildung 37). Zwei weibliche (12,50%) und ein männliches (6,25%) Individuum sind zwischen 20 und 25 Jahre alt, ein männliches zwischen 25 und 30 Jahre (6,25%), ein weibliches (6,25%) und zwei männliche (12,50%) zwischen 35 und 40 Jahre, zwei weibliche (12,50%) zwischen 45 und 50 Jahre, zwei männliche zwischen 50 und 55 Jahre (12,50%) und zwei weibliche (12,50%) und ein männliches (6,25%) zwischen 55 und 60 Jahre alt. Zwei männliche Individuen konnten nur in die „grobe“ Altersklasse zwischen 50 und 70 Jahre eingeteilt werden (12,50%).

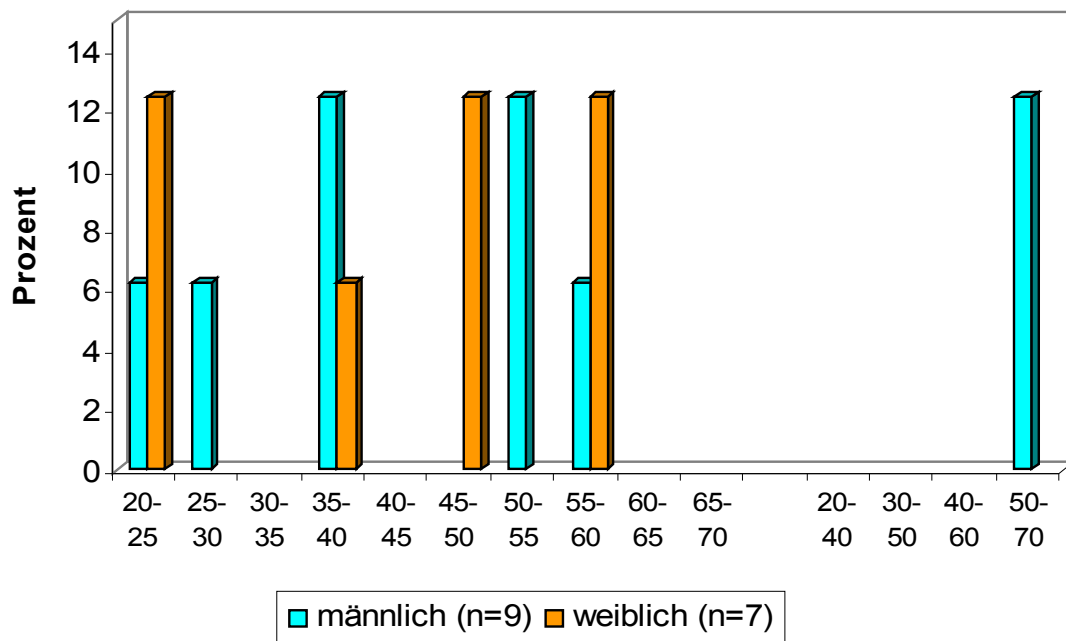


Abbildung 37: Prozentuale Altersverteilung erwachsener Individuen des Nordostteils (n=16)

Im **Südostteil** wurden 130 Individuen in die Sterbealtersverteilung einbezogen (siehe Abbildung 38). Kinder und Jugendliche machen 21 Individuen aus (16,15%). Davon sind acht fetal, neonat und/oder jünger als ein Jahr (6,15%), vier zwischen einem und drei Jahre alt (3,08%), zwei zwischen drei und sechs Jahre (1,54%), zwei zwischen sechs und neun Jahre (1,54%), zwei zwischen 12 und 15 Jahre (1,54%) und drei zwischen 15 und 20 Jahre (2,31%). Der Anteil an Skeletten bis zu Zwölfjähriger am gesamten Skelettmaterial des Südostteiles liegt bei 12,31%, wobei die Altersklassen *Infans I* 10,77% und *Infans II* 1,54% betragen.

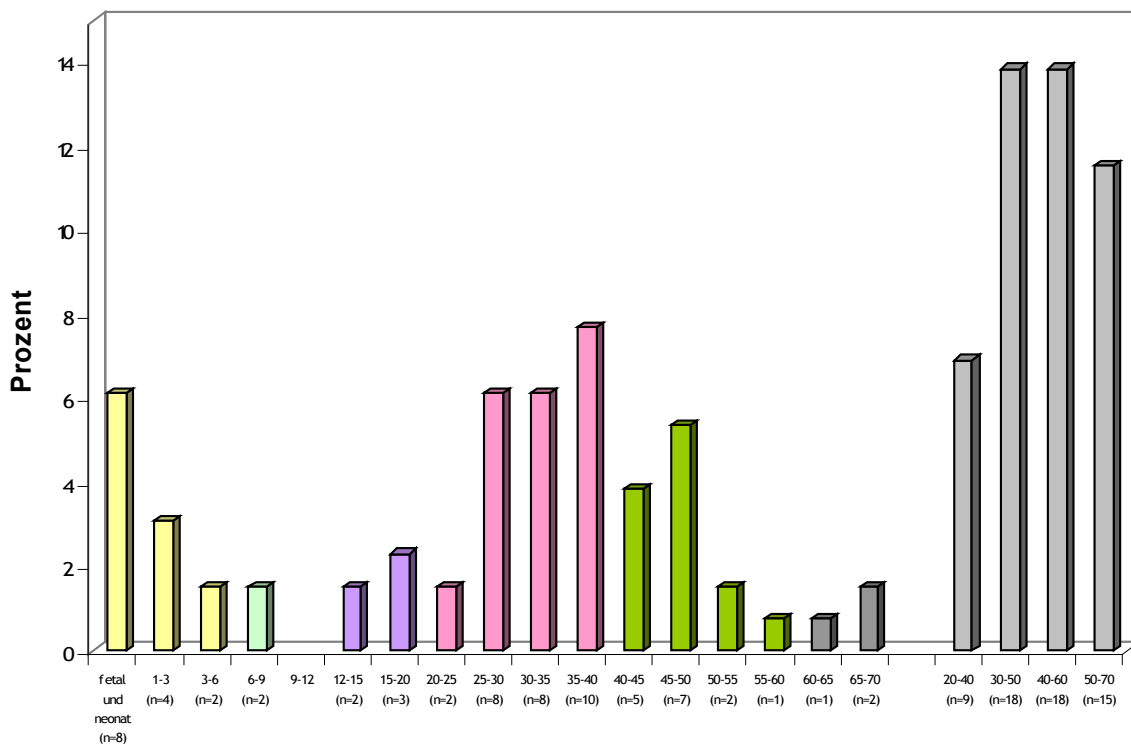


Abbildung 38: Sterbealtersverteilung des Südostteils (n=130)

109 erwachsene Individuen wurden in die Sterbealtersverteilung einbezogen (83,85%). Davon sind zwei Individuen zwischen 20 und 25 Jahre alt (1,54%), acht zwischen 25 und 30 Jahre (6,15%), acht zwischen 30 und 35 (6,15%), zehn zwischen 35 und 40 Jahre (7,69%),

fünf zwischen 40 und 45 Jahre (3,85%), sieben zwischen 45 und 50 Jahre (5,38%), zwei zwischen 50 und 55 Jahre (1,54%), ein Individuum zwischen 55 und 60 Jahre (0,77%), eines zwischen 60 und 65 Jahre (0,77%) und zwei Individuen zwischen 65 und 70 Jahre alt (1,54%). Bei 60 Individuen war die TCA nicht auswertbar oder kein Zahn vorhanden, somit gelten die „grogen“ morphologischen Altersklassen von 20 bis 40 (6,92%), 30 bis 50 (13,85%), 40 bis 60 (13,85%) und 50 bis 70 Jahre bzw. noch älter (11,54%). Drei Individuen konnten in keine Altersklasse eingeteilt werden (2,31%) und gelten als nicht bestimmt.

Bei der Sterbealtersverteilung des Südostteils nach Geschlecht im Vergleich wurden 109 erwachsene Individuen herangezogen (siehe Abbildung 39). Ein weibliches (0,92%) und ein männliches (0,92%) Individuum sind zwischen 20 und 25 Jahre alt, sechs männliche (5,50%) und zwei weibliche (1,83%) zwischen 25 und 30 Jahre, sieben männliche (6,42%) und ein nicht bestimmtes (0,92%) zwischen 30 und 35 Jahre alt, sieben männliche (6,42%) und drei weibliche (2,75%) zwischen 35 und 40 Jahre, vier weibliche (3,67%) und ein männliches Individuum (0,92%) zwischen 40 und 45 Jahre, sieben männliche (6,42%) zwischen 45 und 50 Jahre, zwei männliche zwischen 50 und 55 Jahre (1,83%), ein männliches Individuum (0,92%) zwischen 55 und 60 Jahre und jeweils ein männliches Individuum (0,92%) ist zwischen 60 und 65 Jahre und zwischen 65 und 70 Jahre alt.

Mehrere Individuen konnten nur in die „grogen“ Altersklassen eingeteilt werden: Drei männliche (2,75%), vier weibliche (3,67%) und zwei nicht bestimmte (1,83%) zwischen 20 und 40 Jahre, 17 männliche (15,60%) und ein weibliches Individuum (0,92%) zwischen 30 und 40 Jahre, 15 männliche (13,76%) und drei weibliche (2,75%) zwischen 40 und 60 Jahre und 13 männliche (11,93%) und zwei weibliche (1,83%) zwischen 50 und 70 Jahre. Zwei Individuen konnten nicht in Altersklassen eingeteilt werden.

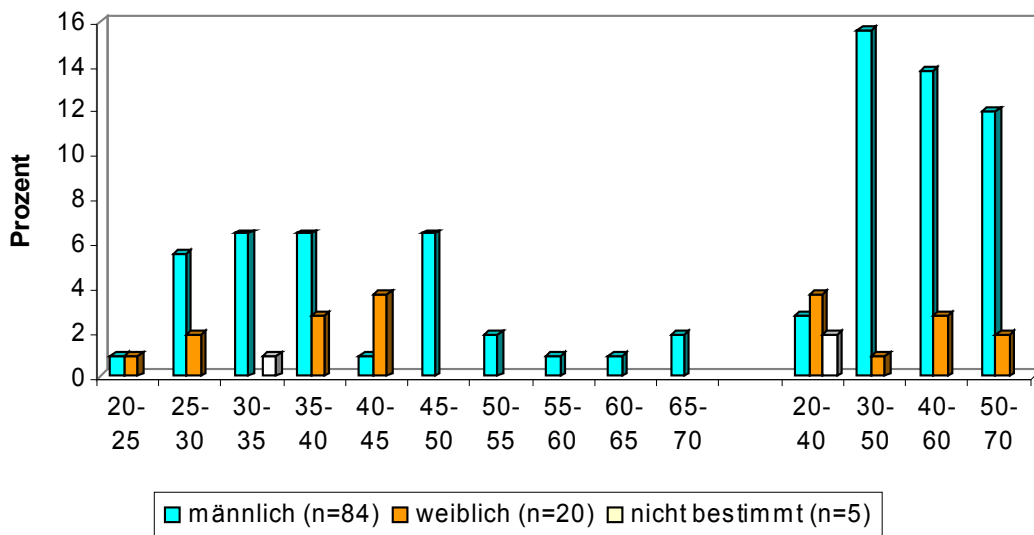


Abbildung 39: Prozentuale Altersverteilung erwachsener Individuen des Südostteils (n=109) nach Geschlecht

Die Sterbealtersverteilung aller 105 Individuen *in situ* wird in Abbildung 40 dargestellt. Kinder und Jugendliche machen 38 Individuen aus (36,19%). Davon sind 25 fetal, neonat und/oder jünger als ein Jahr (23,81%), fünf zwischen einem und drei Jahre alt (4,76%), drei zwischen sechs und neun Jahre (2,86%), ein Individuum zwischen zwölf und 15 Jahre (0,95%) und vier zwischen 15 und 20 Jahre alt (3,81%). Der Anteil an Skeletten bis zu Zwölfjähriger am gesamten Skelettmaterial *in situ* liegt bei 31,43%, wobei die Altersklassen *Infans I* 28,57% und *Infans II* 2,86% betragen.

67 erwachsene Individuen wurden in die Sterbealtersverteilung einbezogen (63,81%). Davon sind vier Individuen zwischen 20 und 25 Jahre alt (3,81%), neun zwischen 25 und 30 Jahre (8,57%), sieben zwischen 30 und 35 (6,67%), zwölf zwischen 35 und 40 Jahre (11,43%), fünf zwischen 40 und 45 Jahre (4,76%), acht zwischen 45 und 50 Jahre (7,62%), drei zwischen 50 und 55 Jahre (2,86%), zwei zwischen 55 und 60 Jahre (1,90%), drei zwischen 60 und 65 Jahre (2,86%) und zwei Individuen zwischen 65 und 70 Jahre alt (1,90%). Bei zwölf Individuen war die TCA nicht auswertbar oder kein Zahn vorhanden, somit gelten die „groben“ morphologischen Altersklassen von 20 bis 40 (1,90%), 30 bis 50 (0,95%), 40 bis 60 (3,81%) und 50 bis 70 Jahre bzw. noch älter (4,76%).

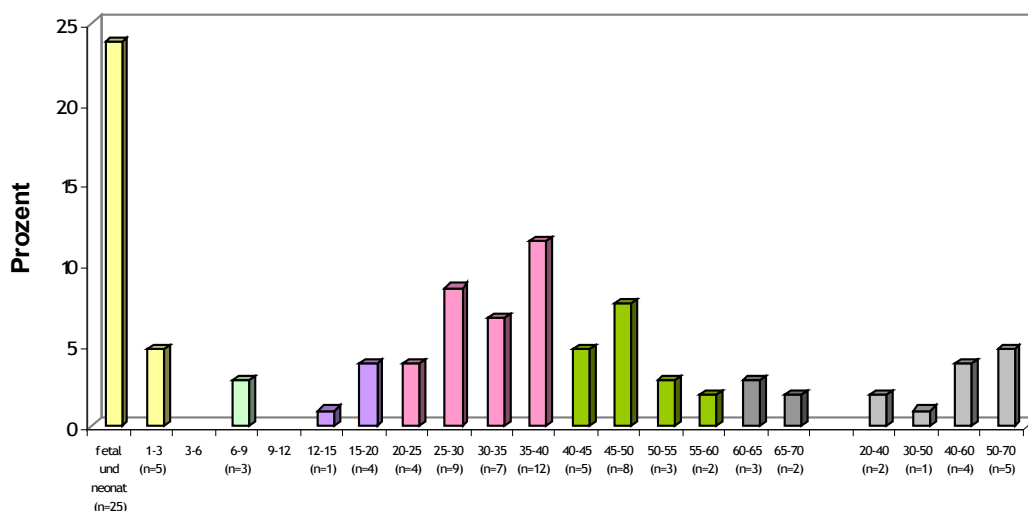


Abbildung 40: Sterbealtersverteilung aller *in situ*- Individuen (n=105)

Bei der Sterbealtersverteilung aller *in situ*- Individuen des gesamten Friedhofs nach Geschlecht im Vergleich wurden 67 erwachsene Individuen herangezogen (siehe Abbildung 41). Zwei weibliche (2,99%) und zwei männliche Individuen (2,99%) sind zwischen 20 und 25 Jahre alt, sieben männliche (10,45%) und zwei weibliche (2,99%) zwischen 25 und 30 Jahre, sechs männliche (8,96%) und ein weibliches (1,49%) zwischen 30 und 35 Jahre, sechs männliche (8,96%) und sechs weibliche (8,96%) zwischen 35 und 40 Jahre, vier weibliche (5,97%) und ein männliches Individuum (1,49%) zwischen 40 und 45 Jahre, fünf männliche (7,46%), zwei weibliche (2,99%) und ein nicht bestimmtes (1,49%) zwischen 45 und 50 Jahre, drei männliche zwischen 50 und 55 Jahre (4,48%), ein männliches (1,49%) und ein weibliches Individuum (1,49%) zwischen 55 und 60 Jahre, zwei männliche (2,99%) und ein weibliches Individuum (1,49%) zwischen 60 und 65 Jahre und ein männliches (1,49%) und ein weibliches Individuum (1,49%) sind zwischen 65 und 70 Jahre alt. Einige Individuen konnten nur in „grobe“ Altersklassen eingeteilt werden: Zwei weibliche (2,99%) zwischen 20 und 40 Jahre, ein männliches (1,49%) zwischen 30 und 50 Jahre, drei männliche (4,48%) und ein weibliches (1,49%) zwischen 40 und 60 Jahre und drei männliche (4,48%) und zwei weibliche (2,99%) zwischen 50 und 70 Jahre.

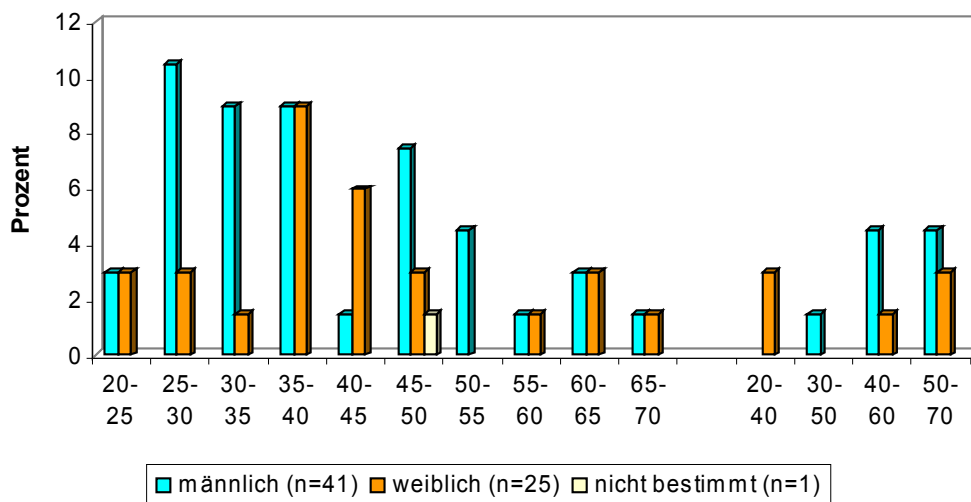


Abbildung 41: Prozentuale Altersverteilung erwachsener *in situ*- Individuen (n=67) nach Geschlecht

Die Sterbealtersverteilung aller 118 Individuen aus dem **Verwurf** wird in Abbildung 42 dargestellt. Kinder und Jugendliche machen 31 Individuen aus (26,27%). Davon sind 14 fetal, neonat und/oder jünger als ein Jahr (11,86%), fünf zwischen einem und drei Jahre alt (4,24%), drei zwischen drei und sechs Jahre (2,54%), zwei zwischen sechs und neun Jahre (1,69%), drei zwischen neun und zwölf Jahre (2,54%), ein Individuum zwischen zwölf und 15 Jahre (0,85%) und zwei sind zwischen 15 und 20 Jahre alt (1,69%).

Der Anteil an Skeletten bis zu Zwölfjähriger am gesamten Skelettmaterial des Verwurfes liegt bei 22,87%, wobei die Altersklassen *Infans I* 18,64% und *Infans II* 4,23% betragen. 87 erwachsene Individuen wurden in die Sterbealtersverteilung einbezogen (73,73%). Davon ist eines zwischen 20 und 25 Jahre alt (0,85%), eines zwischen 25 und 30 Jahre (0,85%), fünf zwischen 30 und 35 Jahre (4,24%), fünf zwischen 35 und 40 Jahre (4,24%), ein Individuum zwischen 40 und 45 Jahre (0,85%), drei zwischen 45 und 50 Jahre (2,54%), eines zwischen 50 und 55 Jahre (0,85%), vier zwischen 55 und 60 Jahre (3,39%) und ein Individuum ist zwischen 65 und 70 Jahre alt (0,85%).

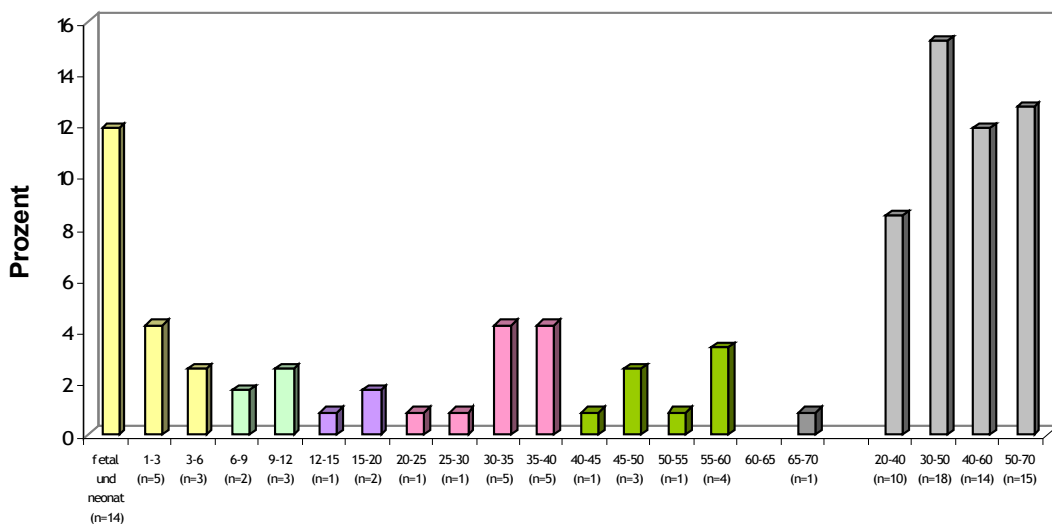


Abbildung 42: Sterbealtersverteilung aller Individuen aus dem Verwurf (n=118)

Bei 57 Individuen war die TCA nicht auswertbar oder kein Zahn vorhanden, somit gelten die „grogen“ morphologischen Altersklassen von 20 bis 40 (8,47%), 30 bis 50 (15,25%), 40 bis 60 (11,86%) und 50 bis 70 Jahre bzw. noch älter (12,71%). Acht Individuen (6,78%) konnten keiner der Altersklassen zugeordnet werden.

Bei der Sterbealtersverteilung aller Individuen aus dem Verwurf des gesamten Friedhofs nach Geschlecht im Vergleich wurden 87 erwachsene Individuen ausgewertet (siehe Abbildung 43). Ein weibliches Individuum (1,15%) ist zwischen 20 und 25 Jahre alt, ein männliches Individuum (1,15%) zwischen 25 und 30 Jahre, drei männliche (3,45%), ein weibliches Individuum (1,15%) und ein nicht bestimmtes Individuum (1,15%) sind zwischen 30 und 35 Jahre alt, vier männliche (4,60%) und ein weibliches Individuum (1,15%) zwischen 35 und 40 Jahre, ein weibliches (1,15%) zwischen 40 und 45 Jahre, drei männliche (3,45%) zwischen 45 und 50 Jahre, ein männliches Individuum zwischen 50 und 55 Jahre (1,15%), drei männliche (3,45%) und ein weibliches Individuum (1,15%) zwischen 55 und 60 Jahre und ein männliches Individuum (1,15%) zwischen 65 und 70 Jahre.

Einige Individuen konnten nur in „grobe“ Altersklasse eingeteilt werden: Drei männliche (3,45%), zwei weibliche (2,23%) und fünf nicht bestimmte (5,75%) zwischen 20 und 40 Jahre, 16 männliche (18,39%) und zwei weibliche (2,23%) zwischen 30 und 50 Jahre, zwölf männliche (13,79%) und zwei weibliche (2,23%) zwischen 40 und 60 Jahre und 13 männliche (14,94%) und zwei weibliche (2,23%) zwischen 50 und 70 Jahre. Neun Individuen konnten in keine der Altersklassen eingeteilt werden.



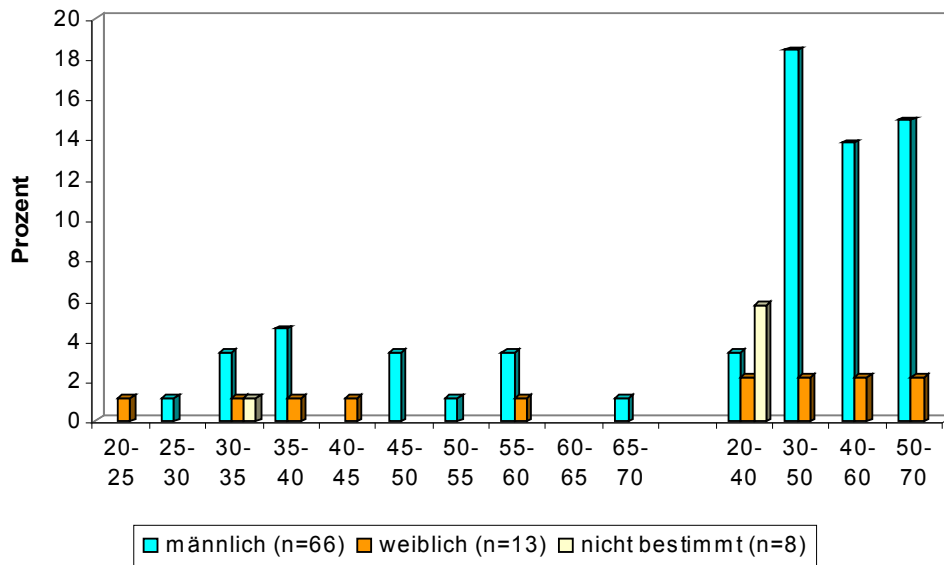


Abbildung 43: Prozentuale Altersverteilung erwachsener Individuen aus dem Verwurf (n=87) nach Geschlecht

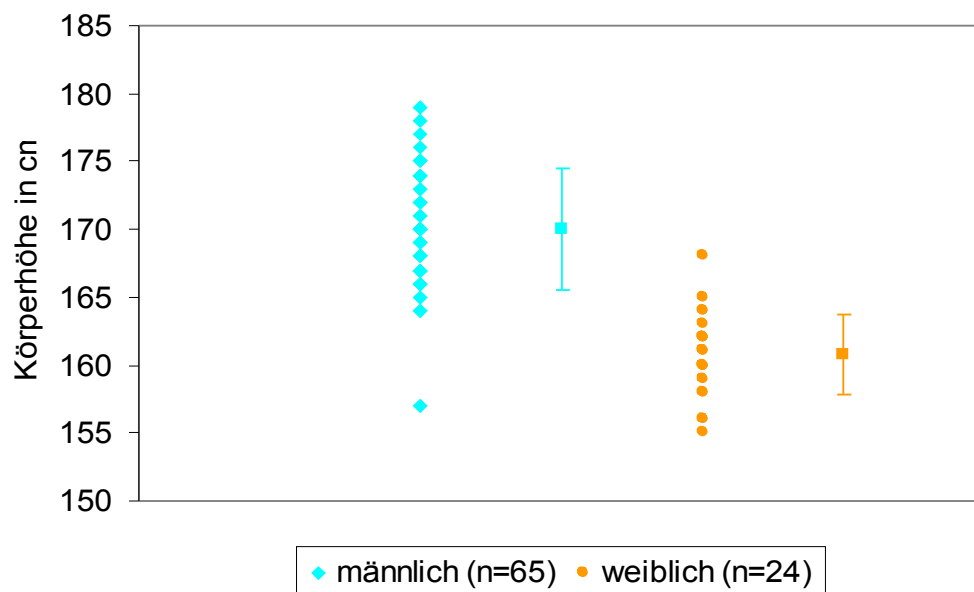
### 5.1.4) Körperhöhe und Indizes

Eine Berechnung der Körperhöhen und Funktionsindizes aus den Messwerten der Langknochen wurde nur an Individuen mit geschlossenen oder nahezu geschlossenen Epiphysenfugen (Adulte) durchgeführt. Ausgenommen von der Indexbildung blieben die Langknochen des Verwurfs, weil hier weder rechts und links im direkten Vergleich gegenübergestellt, noch das Geschlecht immer valide bestimmt werden konnte. Deswegen wurden für die Auswertung der Indizes, mit Ausnahme des *Femur Index platymericus*, die Langknochen aus dem Verwurf nicht berücksichtigt.

#### Körperhöhe

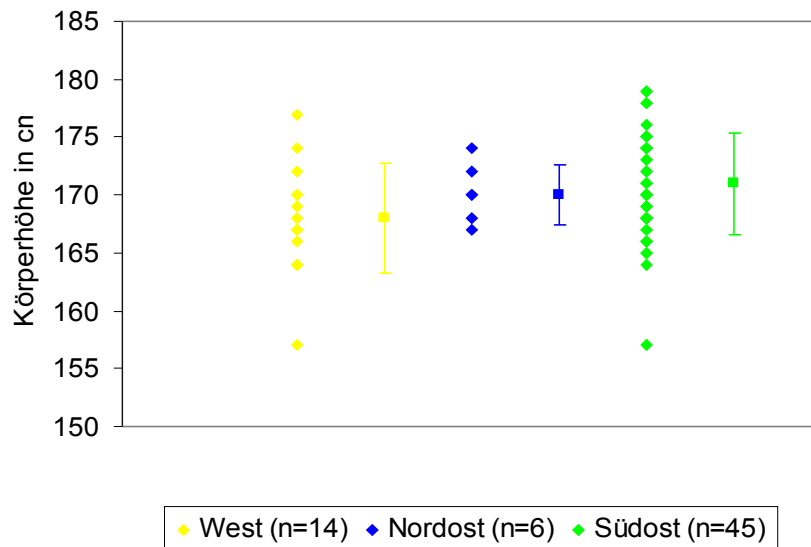
Die Körperhöhe wurde für männliche Individuen nach Breitinger (1938) und für weibliche Individuen nach Bach (1965) berechnet. Wenn ein Individuum mehr als einen der erforderlichen Langknochen aufwies, wurde der Mittelwert aus allen errechneten Werten

gebildet. Der Mittelwert aller bestimmbarer Individuen beträgt  $167,52\text{cm} \pm 5,79$ . Die männlichen Individuen ( $n=65$ ) ergeben im Mittel einen Wert von  $170\text{cm} \pm 4,43$  und die weiblichen Individuen im Mittel  $161\text{cm} \pm 2,98$  ( $n=24$ ) (siehe Abbildung 44). Der Maximalwert bei den auf dem Petersberg beerdigten Männern beträgt  $179\text{cm}$  (Pb 833), der Minimalwert  $157\text{cm}$  (Pb 1095). Bei den Frauen liegt der Maximalwert bei  $168\text{cm}$  (Pb 938), der Minimalwert bei  $155\text{cm}$  (Pb 659).



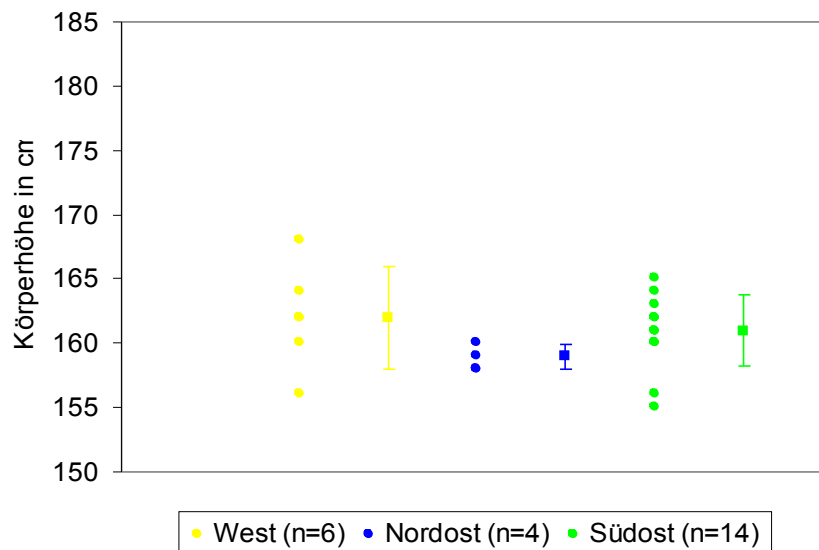
**Abbildung 44: Die errechnete Körperhöhe der männlichen und weiblichen Individuen mit Mittelwert und Standardabweichung**

Des Weiteren wurde die errechnete Körperhöhe getrennt nach männlichen und weiblichen Individuen der drei Gräberareale verglichen (siehe Abbildungen 45 und 46). Der Mittelwert der männlichen Individuen im Westteil ( $n=14$ ) beträgt  $168\text{cm} \pm 4,82$ . Der Maximalwert liegt bei  $177\text{cm}$ , der Minimalwert bei  $157\text{cm}$ . Im Nordostteil ( $n=6$ ) liegt der Mittelwert bei  $170\text{cm} \pm 2,56$ , der größte Mann war  $174\text{cm}$  groß, der kleinste  $167\text{cm}$ . Im Südostteil ( $n=45$ ) beträgt der Mittelwert der Männer  $171\text{cm} \pm 4,40$ ; der Maximalwert liegt bei  $179\text{cm}$ , der Minimalwert bei  $157\text{cm}$ .



**Abbildung 45: Die errechnete Körperhöhe männlicher Individuen nach Arealen mit Mittelwert und Standardabweichung**

Der Mittelwert der weiblichen Individuen im Westteil (n=6) beträgt 162cm ± 4,00; der Maximalwert liegt bei 168cm, der Minimalwert bei 156cm. Im Nordostteil (n=4) beträgt der Mittelwert 159cm ± 0,96; der Maximalwert liegt bei 160cm, der Minimalwert bei 158cm. Im Südostteil (n=14) beträgt die durchschnittliche Körperhöhe der Frauen 161cm ± 2,71; der Maximalwert beträgt 165cm, der Minimalwert 155cm.



**Abbildung 46: Die errechnete Körperhöhe weiblicher Individuen nach Arealen mit Mittelwert und Standardabweichung**

*Humerus-Längen-Dicken-Index*

Von 25 *in situ*- Individuen ließ sich der rechte und der linke *Humerus*-Längen-Dicken-Index ermitteln (rechts  $20,34 \pm 1,52$ ; links  $20,24 \pm 1,63$ ). Darunter befanden sich zehn weibliche Individuen (rechts  $19,51 \pm 1,44$ ; links  $19,69 \pm 1,61$ ), 14 männliche (rechts  $20,94 \pm 1,39$ ; links  $20,65 \pm 1,65$ ) und ein unbestimmtes Individuum. Aufgrund der geringen Anzahl sind diese Ergebnisse nur bedingt repräsentativ. Zumindest kann bei einigen Individuen, die *in situ* vorgefunden wurden, der *Humerus*-Längen-Dicken-Index beidseitig abgeglichen werden. Die Indizes der rechten und linken Seite aller Individuen korrelieren nach Pearson sehr hoch ( $r= 0,95$ ;  $p \leq 0,001$ ), wobei weibliche Individuen ( $r= 0,98$ ;  $p \leq 0,005$ ) einen leicht höher liegenden Korrelationskoeffizienten erreichen als männliche ( $r= 0,95$ ;  $p \leq 0,001$ ).

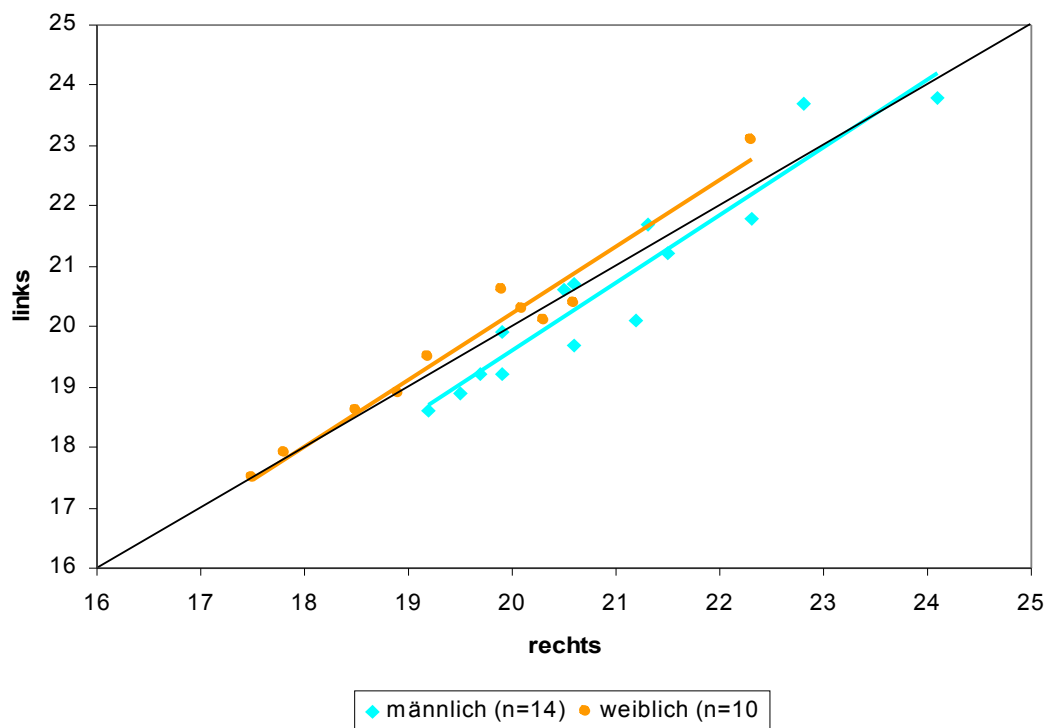


Abbildung 47: Der *Humerus*-Längen-Dicken-Index mit Null- und Regressionsgeraden

Eine statistische Auswertung des *Humerus*-Längen-Dicken-Index mit Korrelationskoeffizienten und Irrtumswahrscheinlichkeit der drei Gräberfelder ist aufgrund der geringen Individuenzahl nicht sinnvoll.

Tabelle 15 zeigt die Mittelwerte mit Standardabweichung der weiblichen und männlichen Individuen der drei Gräberareale.

**Tabelle 15: Mittelwerte mit Standardabweichung der Humeri-Längen-Dicken-Indices der drei Gräberareale**

	<b>Mittelwert mit Standardabweichung rechts</b>	<b>Mittelwert mit Standardabweichung links</b>
<b>West männlich (n=2)</b>	20,45 ± 1,06	19,65 ± 0,64
<b>Nordost männlich (n=3)</b>	20,93 ± 1,23	20,57 ± 1,31
<b>Südost männlich (n=9)</b>	21,04 ± 1,59	20,90 ± 1,90
<b>West weiblich (n=1)</b>	20,10	20,30
<b>Nordost weiblich (n=2)</b>	20,75 ± 2,19	21,30 ± 2,55
<b>Südost weiblich (n=7)</b>	19,07 ± 1,22	19,14 ± 1,24

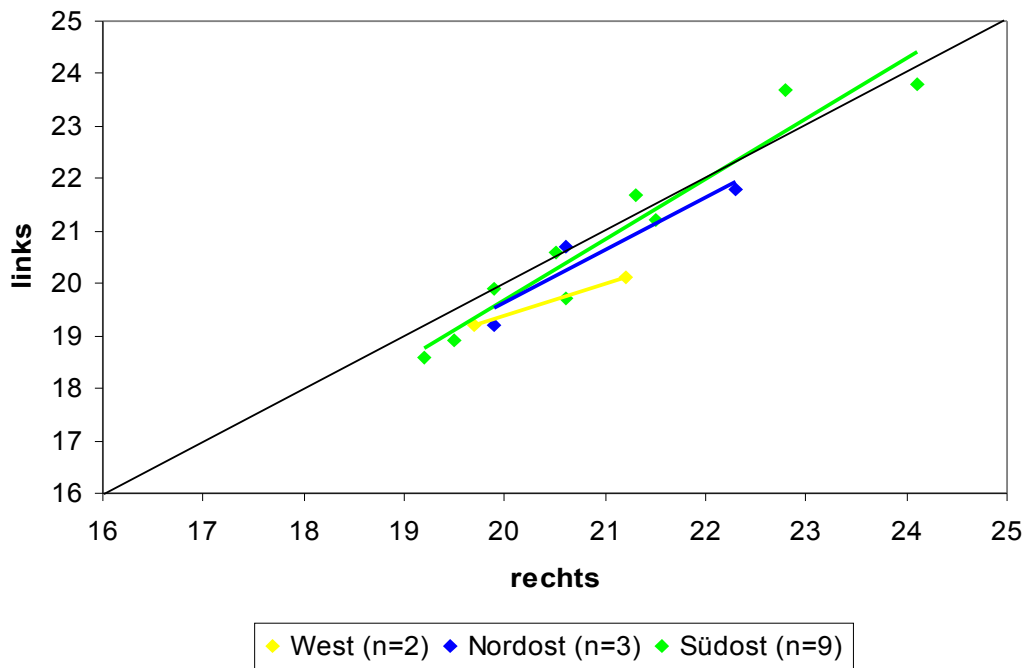


Abbildung 48: Der Humerus-Längen-Dicken-Index männlicher Individuen der drei Friedhofsareale mit Null- und Regressionsgeraden

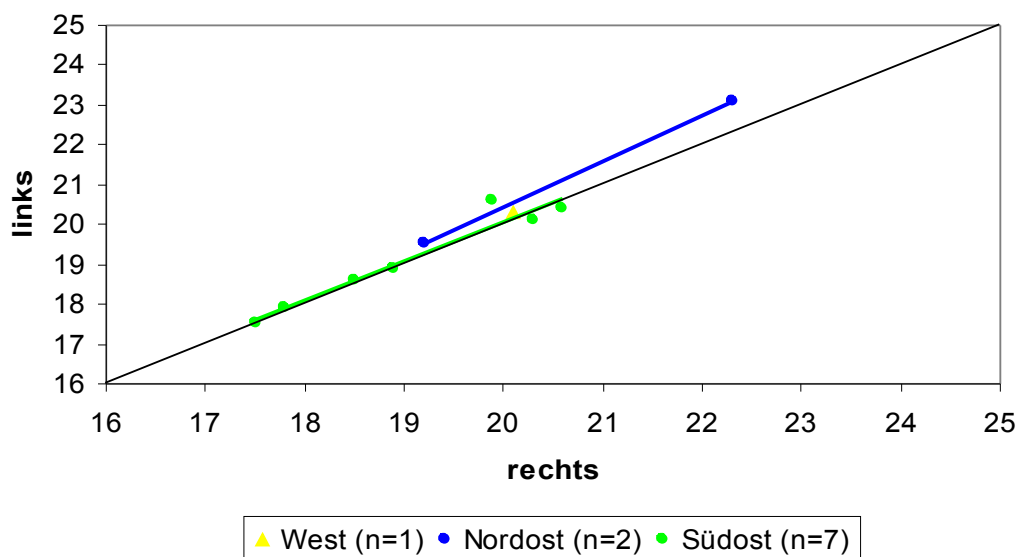


Abbildung 49: Der Humerus-Längen-Dicken-Index weiblicher Individuen der drei Friedhofsareale mit Null- und Regressionsgeraden

*Femur-Robustizitäts-Index*

Von 38 *in situ*- Individuen konnte der rechte und der linke Femur-Robustizitäts-Index ermittelt werden (rechts  $12,26 \pm 0,84$ ; links  $12,44 \pm 0,95$ ). Darunter befanden sich 24 männliche (rechts  $12,50 \pm 0,86$ ; links  $12,77 \pm 1,91$ ), 13 weibliche (rechts  $11,78 \pm 0,64$ ; links  $11,82 \pm 0,75$ ) und ein unbestimmtes Individuum. Hier sind ebenfalls nur die Individuen, die *in situ* vorgefunden wurden, repräsentiert. Das liegt unter anderem daran, dass der Messwert „ganze Länge“ bei den *Femora* aus dem Verwurf selten zu ermitteln war. Außerdem werden für einen Vergleich immer beide Seiten benötigt, was relativ selten der Fall war. Die Indizes der rechten und linken Seite aller Individuen korrelieren nach Pearson sehr hoch ( $r = 0,90$ ;  $p \leq 0,001$ ), wobei weibliche Individuen ( $r = 0,92$ ;  $p = 0,006$ ) wiederum einen etwas höher liegenden Korrelationskoeffizienten erreichen als männliche ( $r = 0,87$ ;  $p \leq 0,001$ ).

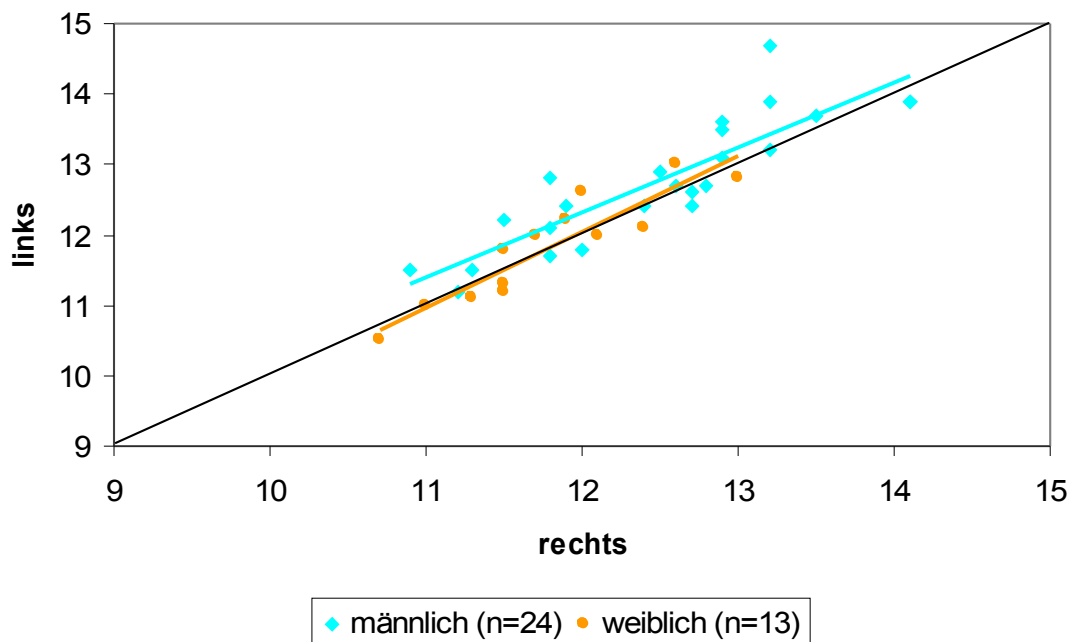


Abbildung 50: Der Femur-Robustizitäts-Index mit Null- und Regressionsgeraden

Eine statistische Auswertung des *Femur*-Robustizitäts-Index mit Korrelationskoeffizienten und Irrtumswahrscheinlichkeit der drei Gräberfelder ist auch hier aufgrund der geringen Anzahl an Individuen nicht sinnvoll.

Tabelle 16 zeigt die Mittelwerte mit Standardabweichung der männlichen und weiblichen Individuen der drei Gräberareale.

**Tabelle 16: Mittelwerte mit Standardabweichung der Femur-Robustizitäts-Indizes der drei Gräberareale**

	<b>Mittelwert mit Standardabweichung rechts</b>	<b>Mittelwert mit Standardabweichung links</b>
<b>West männlich (n=5)</b>	13,04 ± 0,83	13,76 ± 0,69
<b>Nordost männlich (n=6)</b>	12,15 ± 0,87	12,21 ± 0,73
<b>Südost männlich (n=13)</b>	12,45 ± 0,83	12,64 ± 0,79
<b>West weiblich (n=3)</b>	12,17 ± 0,76	12,20 ± 0,87
<b>Nordost weiblich (n=3)</b>	11,37 ± 0,91	11,20 ± 0,82
<b>Südost weiblich (n=7)</b>	11,80 ± 0,44	11,91 ± 0,62



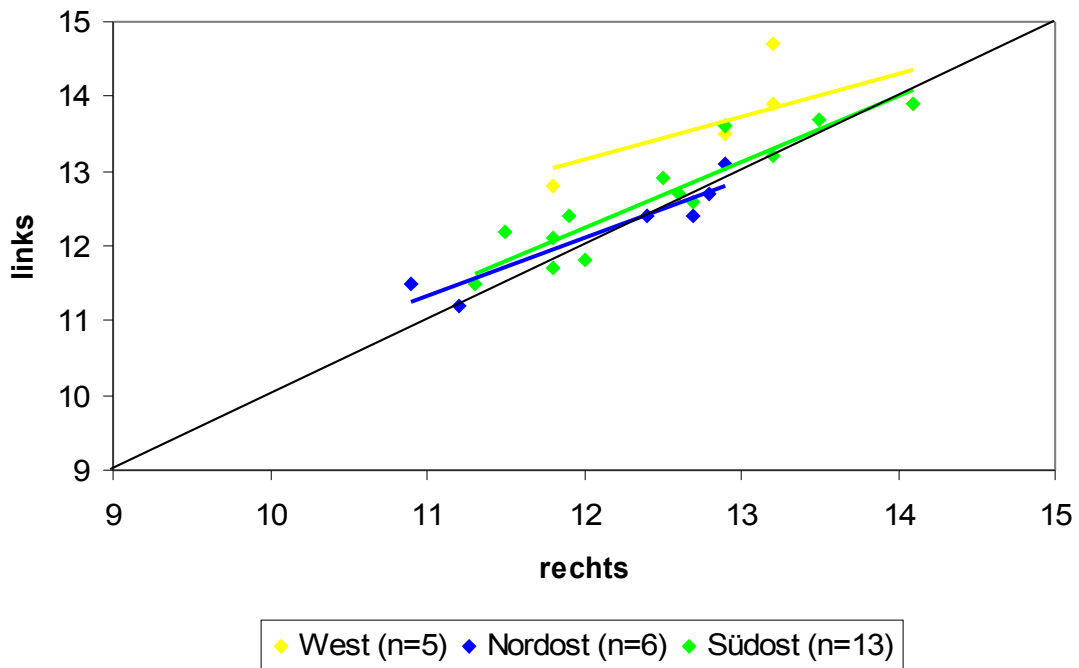


Abbildung 51: Der Femur-Robustizitäts-Index männlicher Individuen nach Arealen mit Null- und Regressionsgeraden

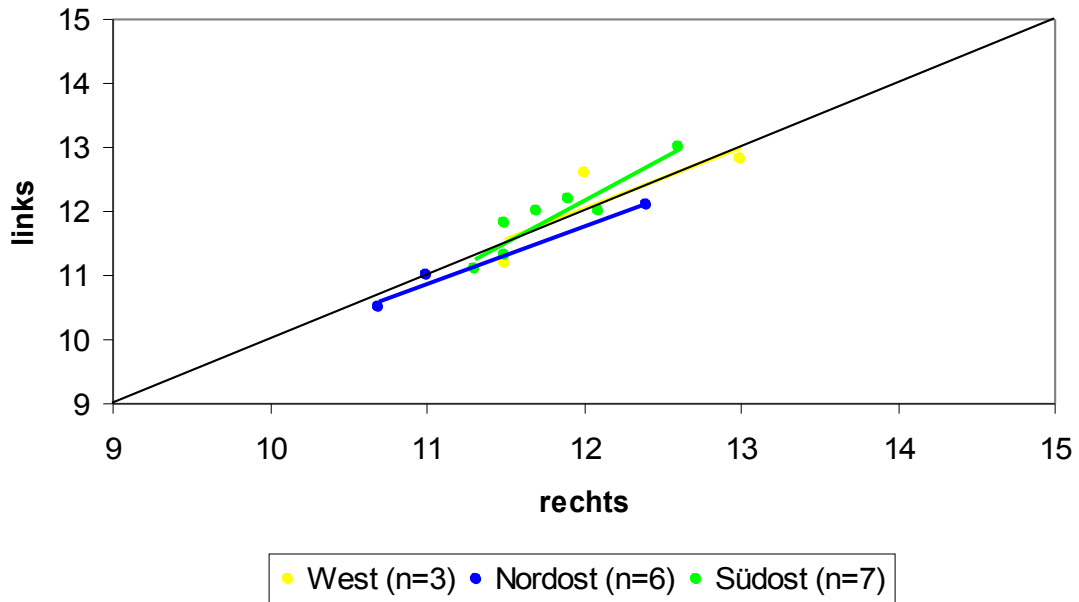


Abbildung 52: Der Femur Robustizitäts-Index weiblicher Individuen nach Arealen mit Null- und Regressionsgeraden

*Femur Index Platymericus*

Von 39 *in situ*- Individuen konnte der rechte und der linke *Femur Index Platymericus* ermittelt werden (rechts  $85,01 \pm 10,89$ ; links  $82,31 \pm 8,16$ ). Darunter befanden sich 24 männliche (rechts  $88,23 \pm 10,04$ ; links  $84,54 \pm 7,65$ ), 14 weibliche (rechts  $79,17 \pm 10,51$ ; links  $78,43 \pm 8,08$ ) und ein unbestimmtes Individuum. Hierbei wurden ebenfalls nur *Femora* von Individuen, die *in situ* vorgefunden wurden, repräsentiert. Die Indizes der rechten und linken Seite aller Individuen korrelieren nach Pearson hoch ( $r= 0,73$ ;  $p \leq 0,001$ ), wobei weibliche Individuen ( $r= 0,73$ ;  $p= 0,344$ ) auch hier einen etwas höher liegenden Korrelationskoeffizienten erreichen als männliche ( $r= 0,66$ ;  $p= 0,073$ ).

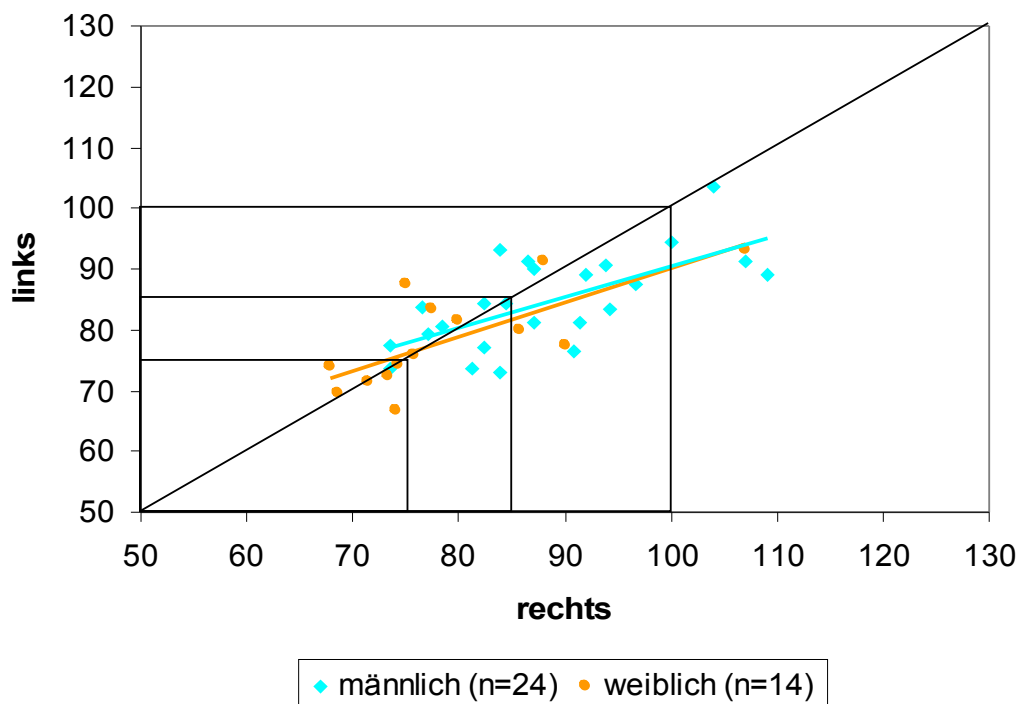


Abbildung 53: Der Femur Index Platymericus mit Null- und Regressionsgeraden.

Platymer 75 bis 84,9; Eurymer 85 bis 99,9 und Stenomer über 100

Tabelle 17 zeigt die Mittelwerte mit Standardabweichung der weiblichen und männlichen Individuen der drei Gräberareale.

**Tabelle 17: Mittelwerte mit Standardabweichung der Femur Indizes Platymericus der drei Gräberareale**

	<b>Mittelwert mit Standardabweichung rechts</b>	<b>Mittelwert mit Standardabweichung links</b>
<b>West männlich (n=5)</b>	92,16 ± 10,38	82,80 ± 6,52
<b>Nordost männlich (n=5)</b>	87,40 ± 6,93	81,50 ± 7,19
<b>Südost männlich (n=14)</b>	87,11 ± 11,09	86,24 ± 8,17
<b>West weiblich (n=3)</b>	84,07 ± 8,60	80,93 ± 9,03
<b>Nordost weiblich (n=3)</b>	75,85 ± 9,06	73,56 ± 6,71
<b>Südost weiblich (n=7)</b>	78,58 ± 12,05	79,31 ± 8,45

Bei einigen Individuen aus dem Verwurf konnte der *Femur Index Platymericus* berechnet werden, jedoch wird die rechte Seite mit der linken nicht korreliert, da eine Zuordnung der einzelnen *Femora* nicht erfolgen konnte. Eine Zuordnung des Geschlechts war jedoch weitgehend möglich. Von 44 Individuen aus dem Verwurf konnte der rechte Femur Index Platymericus ermittelt werden ( $80,01 \pm 14,21$ ). Von 48 Individuen konnte der linke Femur Index Platymericus errechnet werden ( $83,05 \pm 8,26$ ). Darunter befanden sich 31 (rechts) bzw. 30 (links) männliche (rechts  $82,50 \pm 6,39$ ; links  $83,21 \pm 7,65$ ), sechs bzw. acht weibliche Individuen (rechts  $84,62 \pm 9,43$ ; links  $85,77 \pm 9,85$ ) und sieben bzw. zehn unbestimmte Individuen.

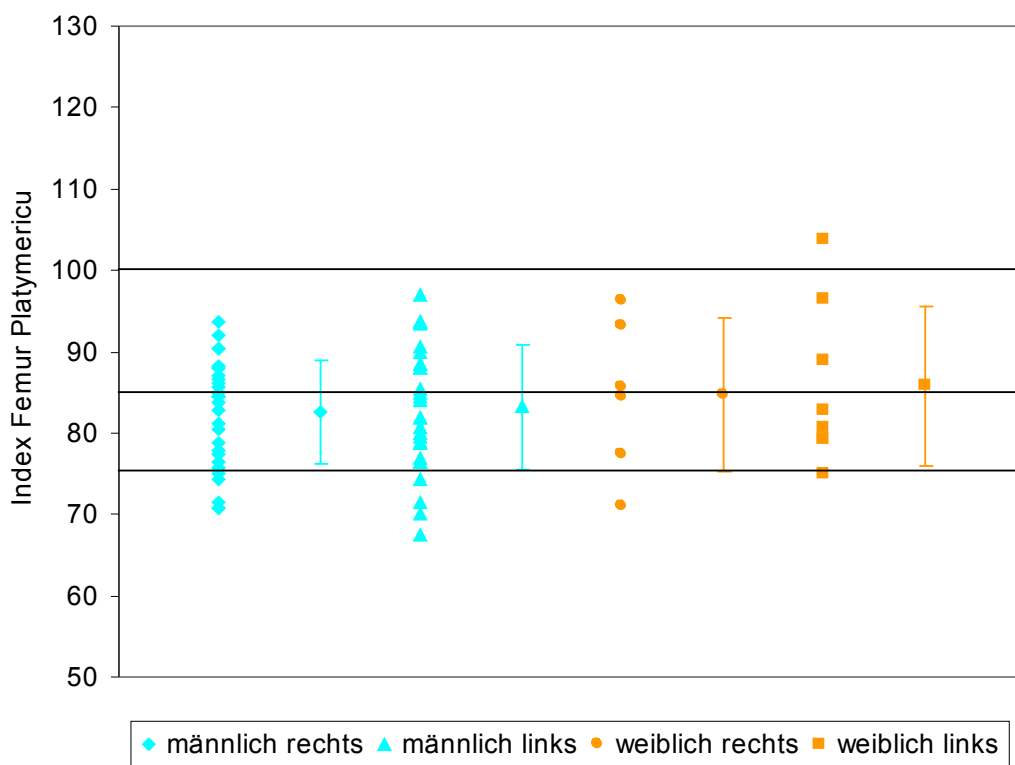


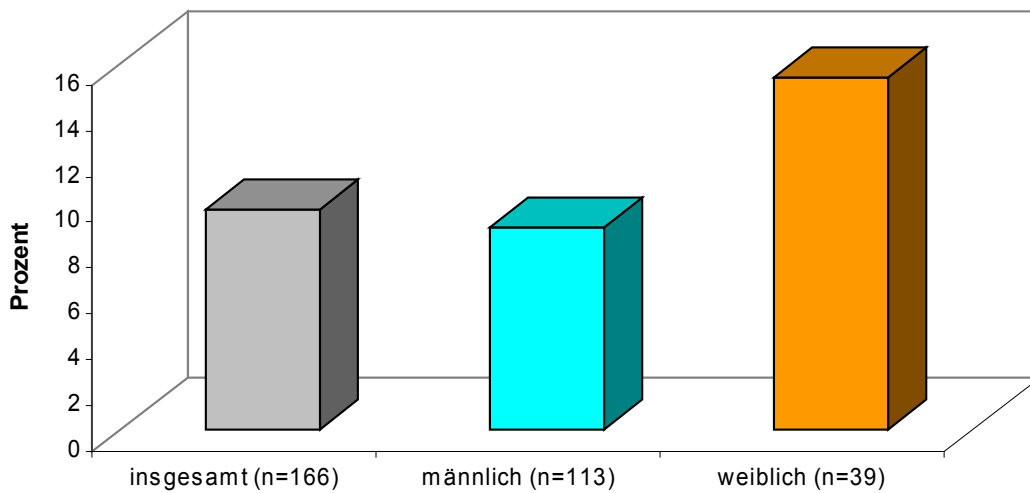
Abbildung 54: Der Femur Index Platymericus der Individuen aus dem Verwurf. Platymer 75 bis 84,9; Eurymer 85 bis 99,9 und Stenomer über 100

### 5.1.5) Epigenetische Merkmale

#### *Sutura metopica*

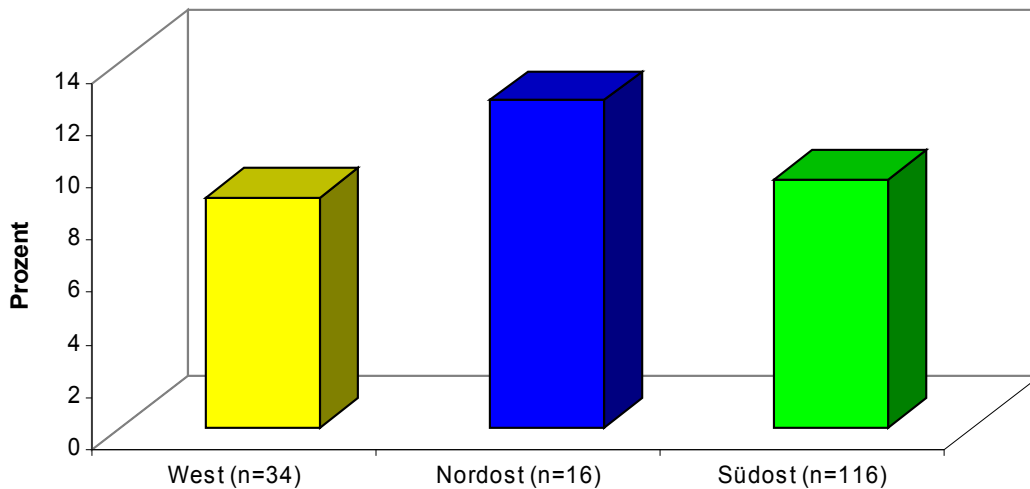
Insgesamt wurden 166 Schädel, die als älter als zwei Jahre bestimmt wurden, in die Auswertung des *Metopismus* einbezogen. Davon zeigen 16 eine *Sutura metopica* (9,64%). Von 113 männlichen Schädeln weisen zehn (8,85%) und von 39 weiblichen Schädeln sechs eine *Sutura metopica* auf (15,38%) (siehe Abbildung 55). Die 14 Schädel/Individuen, an denen keine Geschlechtsbestimmung erfolgen konnte, zeigen keinen *Metopismus*.

Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist laut Chi<sup>2</sup>-Test nicht signifikant (p=0,19).



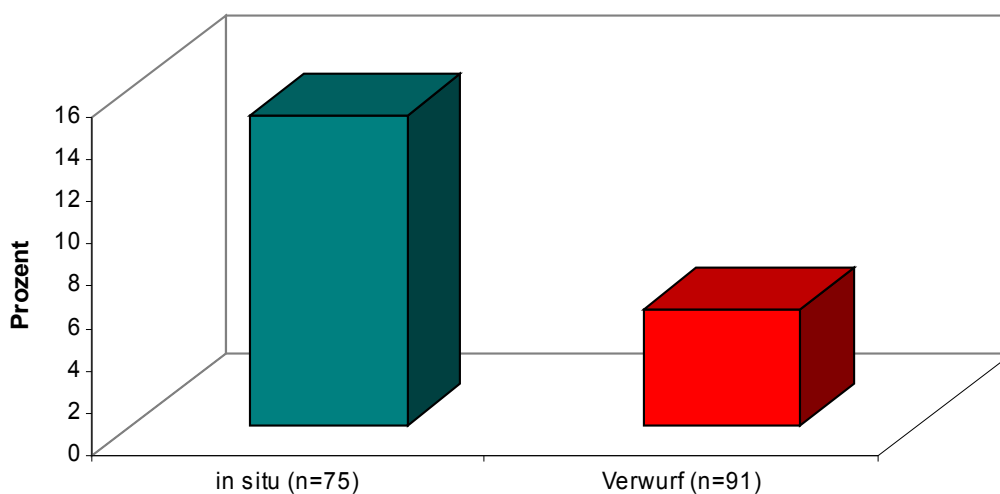
**Abbildung 55: Prozentuale Verteilung von Sutura metopica über den gesamten Friedhof und nach Geschlecht**

Im Westteil des Friedhofs zeigen drei von 34 Schädeln eine *Sutura metopica* (8,82%), im Nordostteil zwei von 16 Schädeln (12,5%) und im Südostteil elf von 116 Schädeln (9,48%) (siehe Abbildung 56). Es ließ sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den drei Friedhofsarealen feststellen (Fisher-Exact-Test,  $p=0,84$ ).



**Abbildung 56: Prozentuale Verteilung von Sutura metopica nach Arealen**

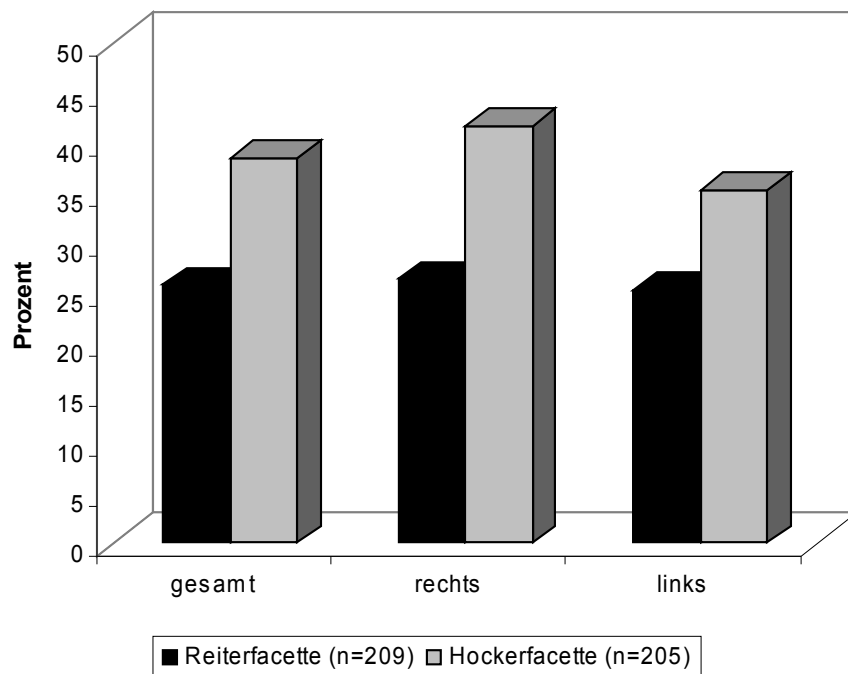
Die Schädel, die *in situ* vorgefunden wurden, weisen bei 14,67% (elf von 75) *Metopismus* auf. 5,49% (fünf von 91) der Schädel aus dem Verwurf zeigen eine *Sutura metopica* (siehe Abbildung 57). Der Unterschied zwischen ist signifikant (Fisher-Exact-Test,  $p=0,04^*$ ).



**Abbildung 57: Prozentuale Verteilung von Sutura metopica in situ- Individuen und Verwurf**

*Akzessorische Gelenkflächen*

In die Auswertung der akzessorischen Gelenkflächen wurden all jene Gelenkflächen einbezogen, die bereits verwachsene Epiphysen zeigten. *Proximale* Femurgelenke (Femurkopf) wurden auf eine Reiterfacette, *distale* Tibiagelenke auf eine Hockerfacette hin untersucht. Insgesamt wurden 209 Femurköpfe und 205 *distale Tibiae*, nach rechts und links differenziert, untersucht (siehe Abbildung 58). Die Hockerfacette kommt mit 38,52% (79 von 205) häufiger vor als die Reiterfacette mit 25,83% (54 von 209). Die Reiterfacette ist mit 26,42% rechts (28 von 106) und 25,24% links (26 von 103) relativ gleich verteilt. Bei der Hockerfacette ist ein Unterschied von 41,75% rechts (43 von 103) zu 35,29% links (36 von 102) zu beobachten. Der Unterschied von rechts und links ist bei der Hockerfacette nicht signifikant (Fisher-Exact-Test,  $p=0,21$ ). Auch bei der Reiterfacette ist kein signifikanter Unterschied zwischen rechts und links festzustellen (Fisher-Exact-Test,  $p=0,49$ ).



**Abbildung 58: Prozentuale Verteilung von Reiter- und Hockerfacette über den gesamten Friedhof**

In den folgenden Grafiken werden beide Seiten zusammen dargestellt (Mittelwert), da sie sich meist nicht signifikant unterscheiden. Diese Mittelwerte sind, fett gedruckt, in Tabelle 18 als Gesamtwerte dargestellt.

**Tabelle 18: Prozentuale Verteilung von Reiter- und Hockerfacette nach Arealen und für Individuen in situ und Skelettelemente aus dem Verwurf**

	<b>Reiterfacette (n=209)</b>	<b>Hockerfacette (n=205)</b>
<b>gesamt W</b>	<b>27,89</b>	<b>61,03</b>
rechts W	28,00	75,00
links W	27,78	47,06
<b>gesamt NO</b>	<b>18,40</b>	<b>22,73</b>
rechts NO	21,43	18,18
links NO	15,38	27,27
<b>gesamt SO</b>	<b>26,63</b>	<b>35,97</b>
rechts SO	26,87	38,16
links SO	26,39	33,78
<b>gesamt in situ</b>	<b>20,90</b>	<b>33,39</b>
rechts in situ	24,14	36,00
links in situ	17,65	30,77
<b>gesamt Verwurf</b>	<b>30,93</b>	<b>43,59</b>
rechts Verwurf	29,17	47,17
links Verwurf	32,69	40,00



Sowohl Hocker- (61,03%,) als auch Reiterfacette (27,89%) sind im Westteil des Friedhofareals häufiger festgestellt worden als im Nordost- oder Südostteil (siehe Abbildung 59). Am niedrigsten liegt die Frequenz beider akzessorischer Gelenkflächen im Nordostteil mit 18,40% (fünf von 22) für Reiter- und 22,73% für Hockerfacette. Ein Vergleich von Südostteil und Westteil zeigt, dass sich die Frequenz der Reiterfacetten annähernd ähnelt (26,63% im Südostteil und 27,89% im Westteil), die Frequenz der Hockerfacetten sich jedoch stark unterscheidet: 35,97% im Südostteil (54 von 150) und 61,03% im Westteil (20 von 33). Die Hockerfacetten-Frequenz unterscheidet sich laut Fisher-Exact-Test sehr signifikant in den drei Gräberarealen ( $p=0,008^{**}$ ). Die Frequenz der Reiterfacette unterscheidet sich allerdings nicht signifikant (Fisher-Exact-Test,  $p=0,66$ ).

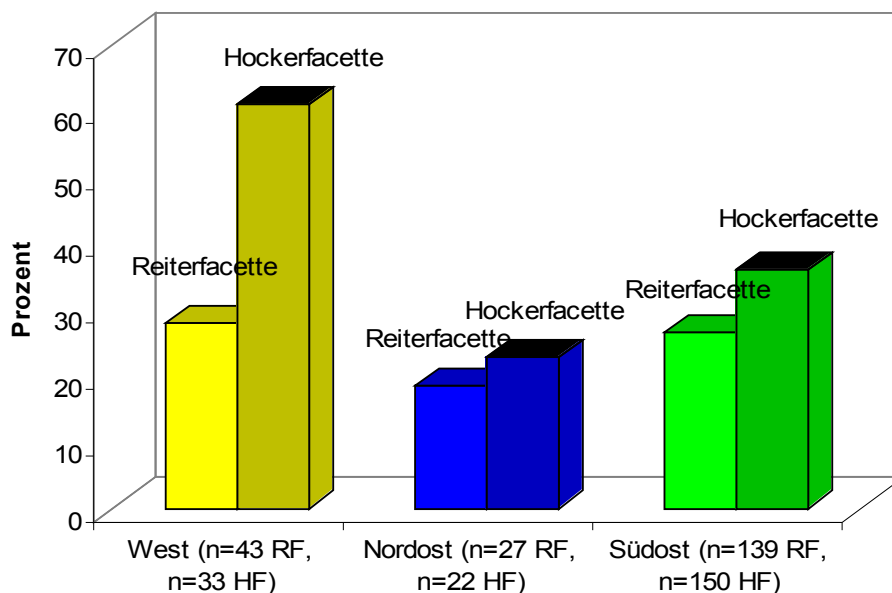


Abbildung 59: Prozentuale Verteilung von Reiterfacette (RF) und Hockerfacette (HF) nach Arealen

Betrachtet man die entsprechenden Gelenkflächen der *in situ*- Individuen mit den Gelenkflächen des Verwurfs, so erkennt man eine höhere Frequenz von Reiter- und

Hockerfacetten im Verwurf (30,93% Reiter- und 43,59% Hockerfacetten) als *in situ* (20,90% Reiter- und 33,39% Hockerfacetten, siehe Abbildung 60). Der Unterschied der Hockerfacetten-Frequenz zwischen *in situ* und Individuen aus dem Verwurf ist nicht signifikant (Fisher-Exact-Test,  $p=0,08$ ). Die gilt auch für die Reiterfacetten (Fisher-Exact-Test,  $p=0,07$ ).

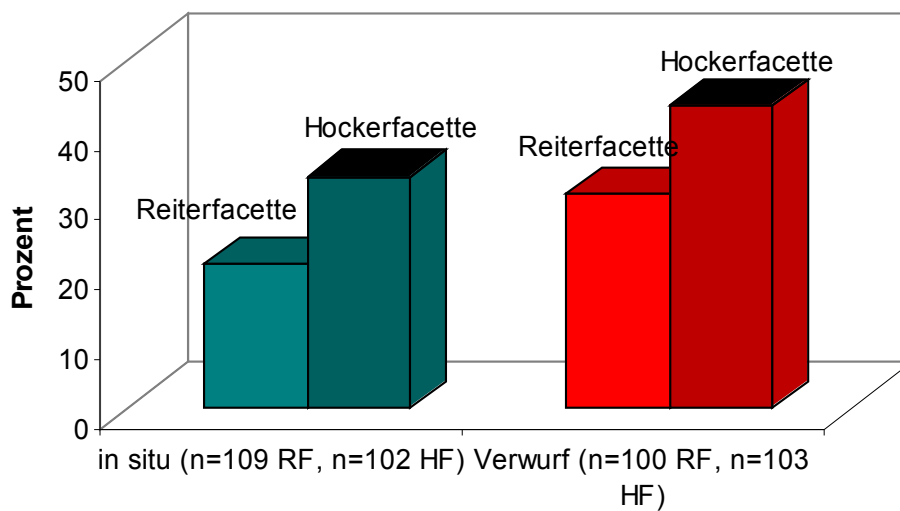


Abbildung 60: Prozentuale Verteilung von Reiterfacette (RF) und Hockerfacette (HF) von *in situ*-Individuen und Skelettelementen aus dem Verwurf

## 5.2) Paläopathologie

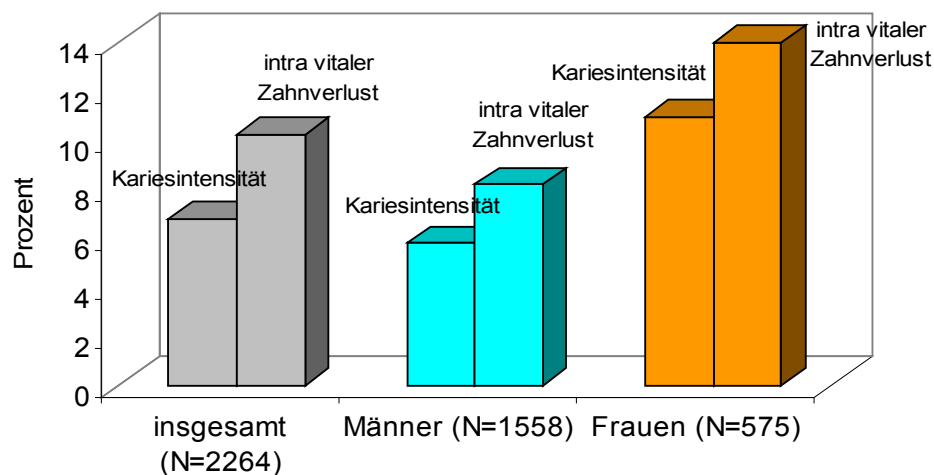
Neben der Rekonstruktion von Alter, Geschlecht, spezifischer Körpermerkmale und epigenetischer Merkmale ist die Erfassung von Krankheiten ein weiterer, maßgeblicher Aspekt für die Beurteilung von Leben und Lebensumständen vergangener Bevölkerungsgruppen. Dabei können nur diejenigen krankhaften Veränderungen erfasst werden, die Spuren am Skelett hinterlassen. Aus den angeführten Krankheiten lassen sich in Bezug auf das Kollektiv der Bestattungen vom Petersberg gute Aussagen zum Zahnstatus und der Zahngesundheit, Verletzungen und deren Residuen an Schädel und *Postcranium* und zur *Cribra orbitalia* treffen.

Dem gegenüber lassen sich andere *metabolische Osteopathien*, insbesondere *Osteopenie* und Zeichen einer Hypovitaminose C (Skorbut), nur so vereinzelt nachweisen, dass eine weitere detaillierte Auswertung nicht sinnvoll erscheint. Ebenso findet sich kein Fall mit Zeichen eines malignen Tumors, so dass auch hierzu keine weiteren Daten für die Petersberger Bevölkerungsgruppe abgeleitet werden können.

### 5.2.1) Karies und intra vitaler Zahnverlust

Für die Auswertung der Zähne wurden alle *Maxillae* und *Mandibulae* von Individuen herangezogen, die bereits bleibende Zähne hatten. Von 2264 untersuchten Zähnen des gesamten Friedhofs zeigen 154 Anzeichen von Karies (6,80%). 5,78% der Zähne von männlichen Individuen (90 von 1558) und 10,96% der Zähne von weiblichen Individuen (63 von 575) haben Karies. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist höchst signifikant (Chi<sup>2</sup>-Test,  $p < 0,001^{***}$ ).

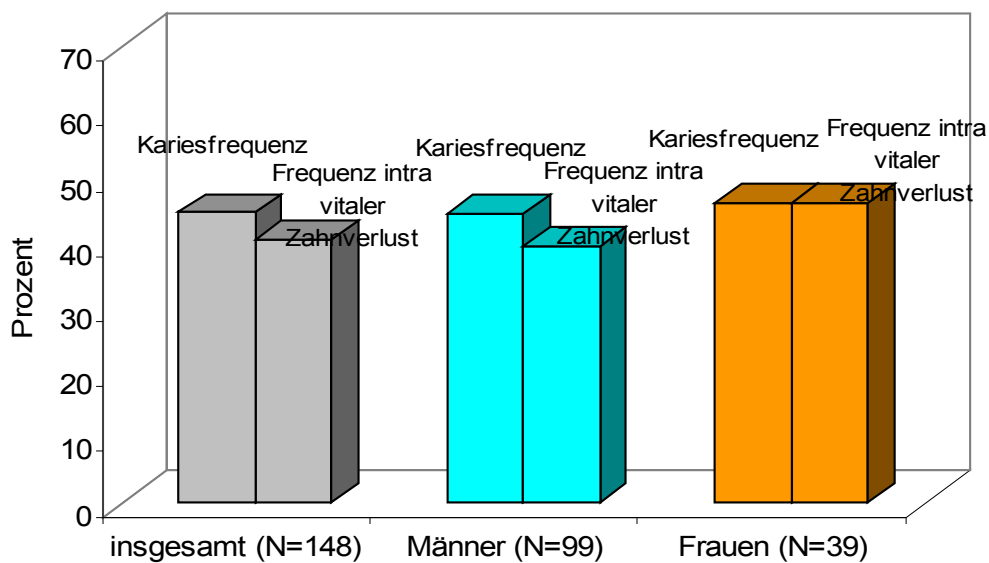
Bei der Auswertung des *intra vitalen* Zahnverlustes wurden die betroffenen Zähne zu der Gesamtzahl addiert und danach die Intensität errechnet (siehe Abbildung 61). Dem entsprechend sind die Gesamtzahlen des *intra vitalen* Zahnverlustes im Gegensatz zur Kariesintensität erhöht. In insgesamt 10,23% (258 von 2522 auswertbaren Zähnen) lag ein *intra vitaler* Zahnverlust vor. Männliche Individuen zeigen eine Rate an Zahnverlust von 8,19% (139 von 1.697), bei Frauen lag eine Verlustrate von 14,18% (95 von 670) vor. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern höchst signifikant ( $p < 0,001^{***}$ ).



**Abbildung 61: Intensität von Karies und intra vitalem Zahnverlust auf dem gesamten Petersberg und nach Geschlecht**

Auch die Frequenz von Karies und *intra vitalem* Zahnverlust wurde auf Individuenbasis berechnet (siehe Abbildung 62). Dafür wurden alle *Mandibulae* des Friedhofs herangezogen, weil sie robuster als die *Maxillae* sind und an ihnen meist eine Geschlechtsbestimmung möglich ist. Die Individuen des Petersberges haben zu 44,60% (66 von 148) unter Karies gelitten. 44,44% der Männer (44 von 99) und 46,15% (18 von 39) der Frauen sind betroffen. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist nicht signifikant (Fisher-Exact-Test,  $p=0,50$ ).

Die Häufigkeit von *intra vitalem* Zahnverlust per Individuum liegt für den gesamten Petersberg bei 40,54% (60 von 148). 39,39% aller Männer (39 von 99) und 46,15% (18 von 39) aller Frauen haben bereits zu Lebzeiten einen oder mehrere Zähne verloren (nicht signifikant, Fisher-Exact-Test,  $p=0,29$ ).

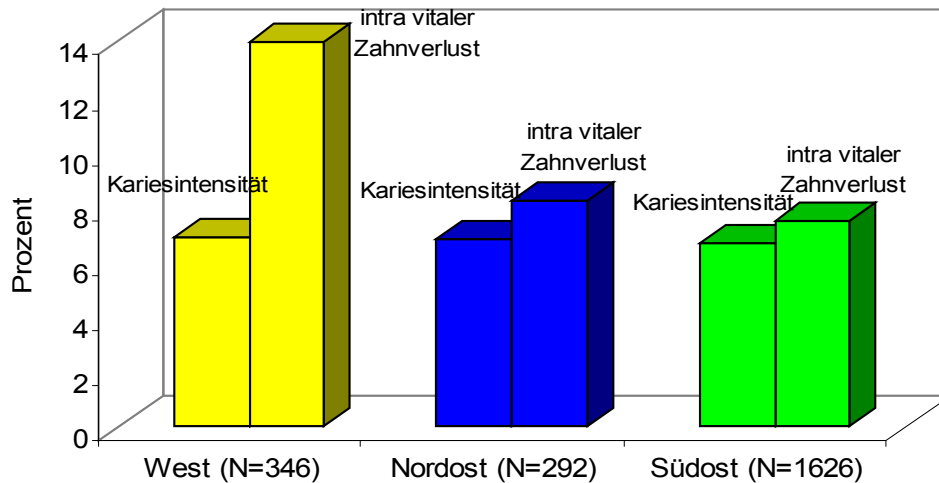


**Abbildung 62: Frequenz von Karies und intra vitalem Zahnverlust auf dem gesamten Petersberg und nach Geschlecht**

Vergleicht man die drei Friedhofsareale hinsichtlich der Kariesintensität, erhält man für den Westteil einen Wert von 6,90% (24 von 346), für den Nordostteil von 6,80% (20 von 292) und für den Südostteil von 6,77% (110 von 1626). Die Unterschiede sind hier nicht signifikant (Chi<sup>2</sup>-Test,  $p=0,99$ ).

Ein Vergleich der Intensität des *intra vitalen* Zahnverlustes der drei Friedhofsareale ergibt für den Westteil einen Wert von 22,60% (101 von 447), für den Nordostteil von 8,17%

(26 von 318) und für den Südostteil von 7,45% (131 von 1757). Der Unterschied der drei Areale ist höchst signifikant (Chi<sup>2</sup>-Test,  $p < 0,001^{***}$ ).



**Abbildung 63: Intensität von Karies und intra vitalem Zahnverlust nach Friedhofsarealen**

Im Westteil des Friedhofes litten 50,00% (13 von 26) der Individuen an Karies, im Nordostteil 47,05% (8 von 17). Im Südostteil waren 42,86% der Individuen von Karies befallen (45 von 105). Der Unterschied zwischen den drei Arealen ist nicht signifikant (Fisher-Exact-Test,  $p=0,80$ ).

65,38% (17 von 26) der Individuen des Westteils zeigten *intra vitalen* Zahnverlust, ebenso 41,18% (7 von 17) der Individuen des Nordostteils. Im Südostteil verloren 34,29% (36 von 105) der Individuen Zähne bereits zu Lebzeiten. Laut Fisher-Exact-Test ist der Unterschied zwischen den drei Arealen signifikant ( $p=0,01^*$ ).

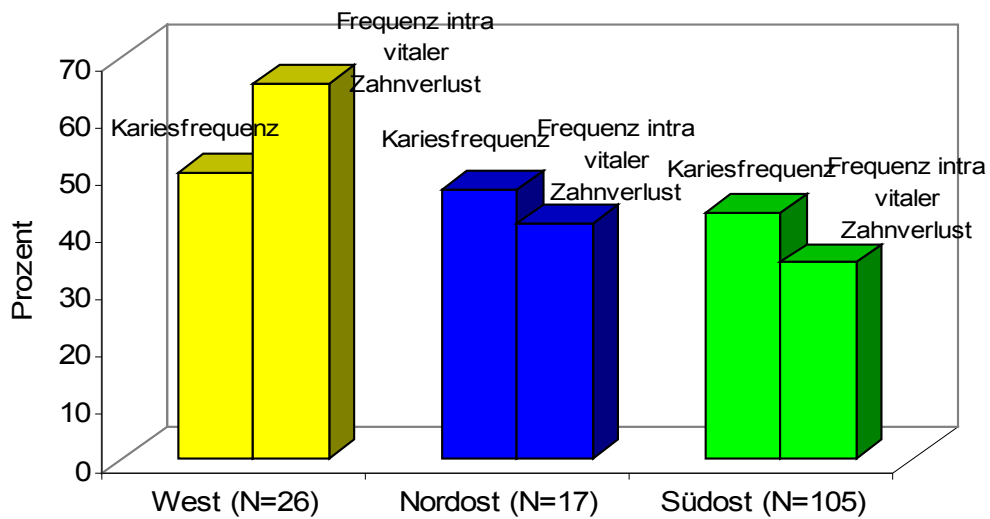


Abbildung 64: Frequenz von Karies und intra vitalem Zahnverlust nach Friedhofsarealen

Vergleicht man die Kariesintensität von *in situ*- Individuen (7,80%; 112 von 1431) und Individuen des Verwurfs (5,04%; 42 von 833), ist laut Chi<sup>2</sup>-Test der Unterschied signifikant (p=0,01\*). Ein Vergleich der Intensität von *intra vitalem* Zahnverlust der *in situ*- Individuen (10,40%; 166 von 1597) mit jenen aus dem Verwurf (9,95%; 92 von 925) ergibt keinen signifikanten Unterschied (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,70).

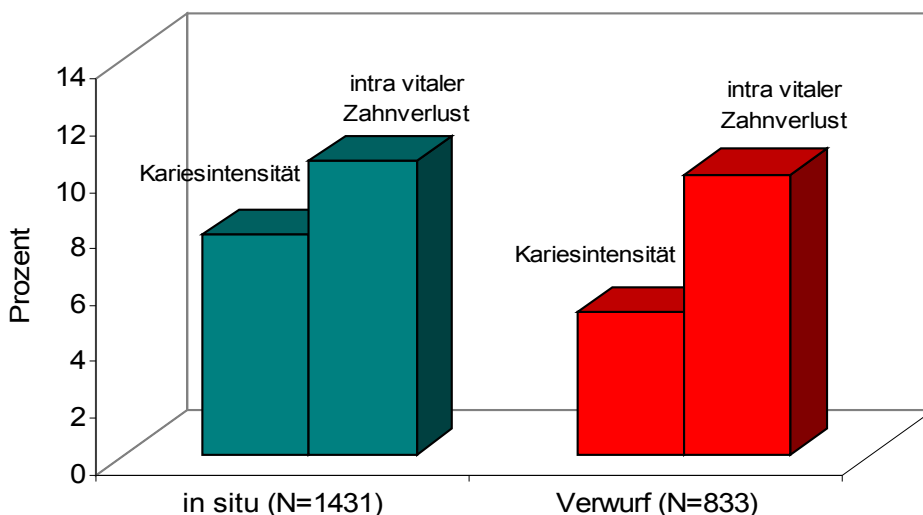


Abbildung 65: Intensität von Karies und intra vitalem Zahnverlust der *in situ*- Individuen und der Individuen aus dem Verwurf

Die Kariesfrequenz der *in situ*- Individuen liegt bei 55,07% (38 von 69), die Frequenz der Individuen aus dem Verwurf beträgt 35,44% (28 von 79). Laut Fisher-Exact-Test ist der Unterschied zwischen *in situ*- und Verwurfs- Individuen signifikant ( $p=0,01^*$ ).

46,38% (32 von 69) der *in situ*- Individuen und 35,44% (28 von 79) der Individuen aus dem Verwurf hatten *intra vitalen* Zahnverlust zu Lebzeiten. Der Unterschied ist nicht signifikant (Fisher-Exact-Test,  $p=0,11$ ).

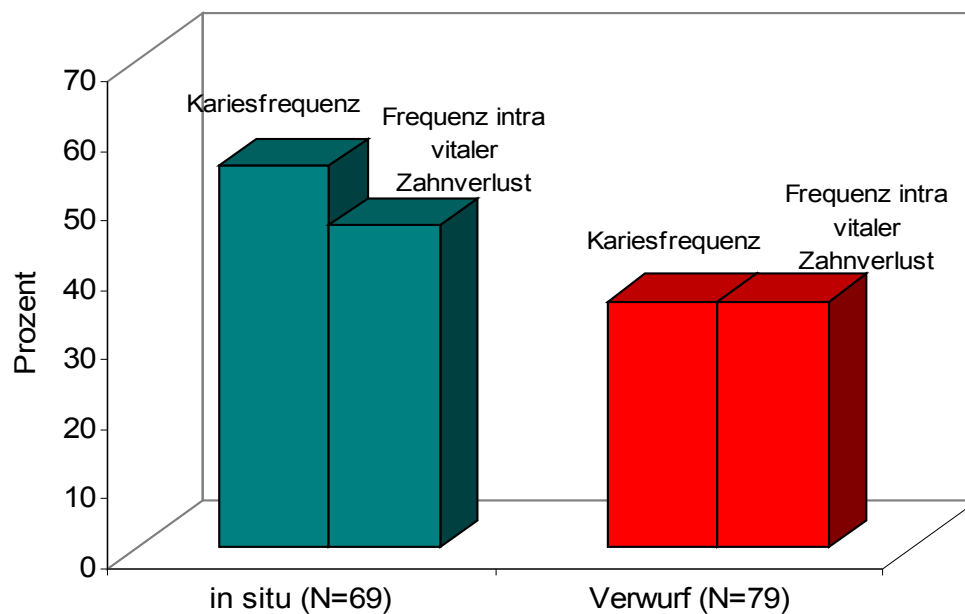


Abbildung 66: Frequenz von Karies und intra vitalem Zahnverlust der *in situ*- Individuen und der Individuen aus dem Verwurf



### 5.2.2) Knochenfrakturen am Schädel

Insgesamt wurden 150 vollständige oder zumindest nahezu vollständig erhaltene adulte Schädel ausgewertet (alle morphologisch älter als 18 Jahre). 16 dieser Schädel zeigten Defekte, die aufgrund der Morphologie als Traumafolge klassifiziert werden konnten (10,67%). Bei 13 von 107 männlich bestimmten Schädeln traten solche Traumata auf (12,15%), auch zwei von 37 weiblich bestimmten Schädeln (5,41%) (siehe Abbildung 67) zeigten diese Defekte. Allerdings gibt es keinen geschlechterspezifisch signifikanten Unterschied der Schädelfrakturen ( $\chi^2$ -Test,  $p=0,20$ ). Da an sechs Schädeln das Geschlecht nicht bestimmt werden konnte, ergibt sich eine dementsprechende Differenz zwischen der Summe aller Schädel des Friedhofs und den addierten Schädeln nach Geschlecht.

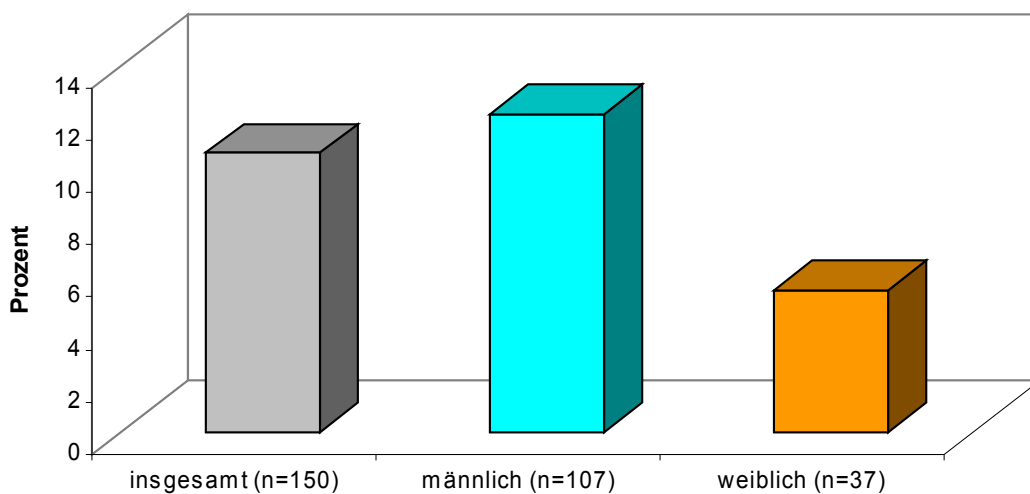


Abbildung 67: Traumatafrequenz am Schädel über den gesamten Friedhof und nach Geschlecht

Im Westteil des Friedhofs zeigen 7,69% der Schädel (zwei von 26) Frakturen, im Nordostteil 0,0% (0 von 15) und im Südostteil 12,84% (14 von 109) (siehe Abbildung 68). Diese Unterschiede sind laut  $\chi^2$ -Test nicht signifikant ( $p=0,38$ ).

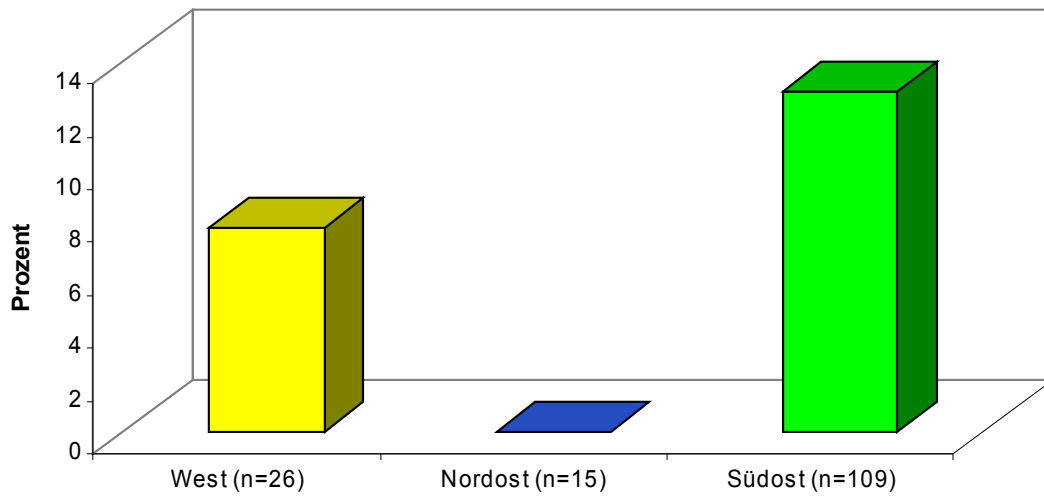


Abbildung 68: Prozentuale Verteilung von Traumata am Schädel nach Arealen

8,96% (sechs von 67) der Schädel, die *in situ* vorgefunden wurden, wiesen Frakturen auf, 12,05% (zehn von 83) der Schädel aus dem Verwurf zeigten Zeichen eines Traumas (siehe Abbildung 69). Auch hier ist das Ergebnis nicht signifikant (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,36).

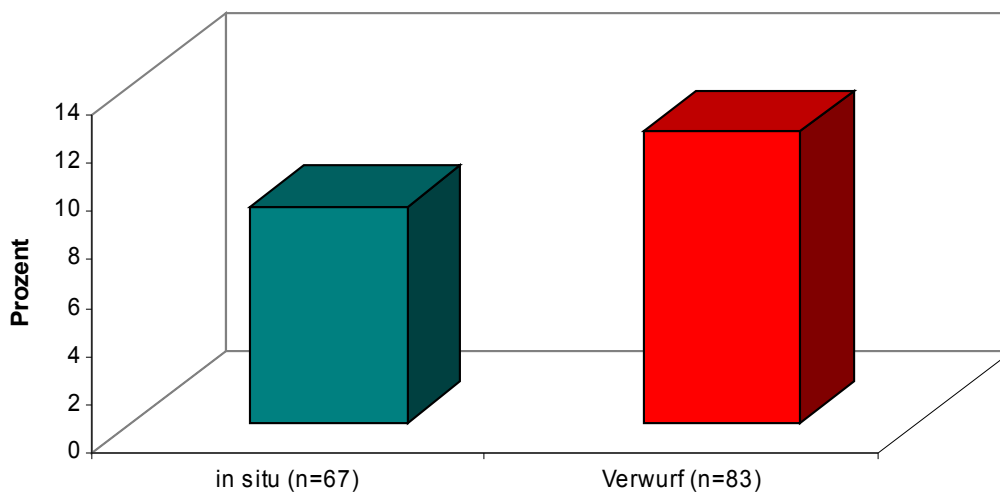


Abbildung 69: Prozentuale Verteilung von Traumata am Schädel der *in situ*- Individuen und des Verwurfs

Insgesamt konnten an den oben genannten 16 Schädeln 24 Läsionen als Traumafolge notiert werden. Sechs waren im *Os frontale* lokalisiert, 14,5 in den *Ossa parietalia* und 3,5 im *Os occipetale* (siehe Abbildung 70). Da sich einige Läsionen über zwei Schädelregionen verteilten, werden diese anteilig aufgeführt.

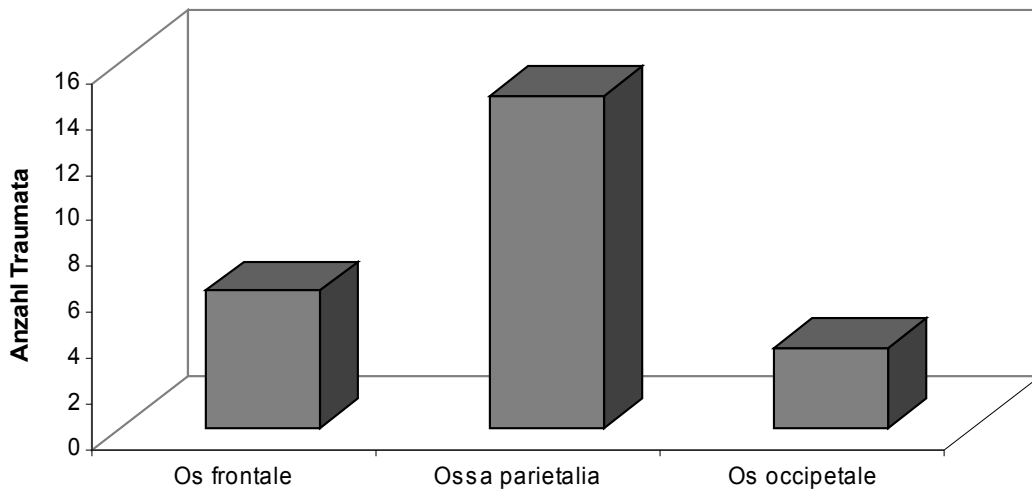


Abbildung 70: Anzahl an Traumata nach Schädelregion

Die 24 Schädeldefekte wurden in *rechts*, *links*, *mittig* oder *unbekannt* eingeteilt. Am *Os frontale* sind drei Traumata rechts, zwei links und eins mittig dokumentiert. Die *Ossa parietalia* zeigen 7,5 Läsionen rechts, sechs links und eine mit nicht zuzuordnender Lokalisation. Am *Os occipetale* sind 0,5 Traumata rechts, eines links und zwei zentral.

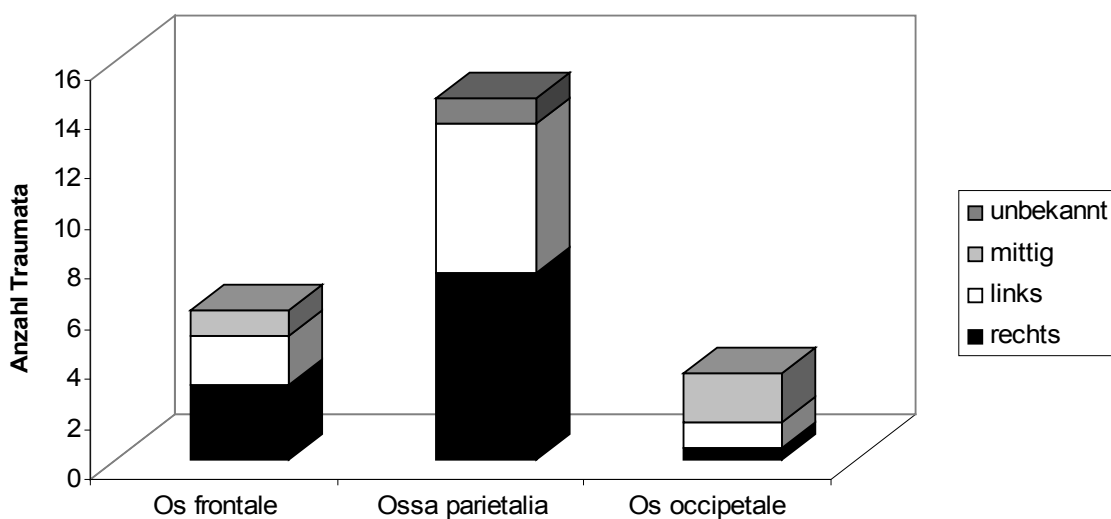


Abbildung 71: Anzahl an Traumata nach Schädelregionen

In einem weiteren Schritt wurden schließlich 23 traumatische Schädelläsionen anhand der Morphologie als „nicht verheilt“ bzw. „verheilt“ eingeteilt (siehe Abbildungen 72 und 73). Insgesamt ließen sich so neun verheilte und 14 unverheilte Läsionen feststellen. Legt man eine imaginäre Trennlinie an den *Tubera parietalia* und teilt so den Schädel in „vorne“ und „hinten“ (Einteilung nach Vorschlag in persönlicher Mitteilung von Prof. Graw, Institut für Rechtsmedizin München), erhält man zehn Läsionen vorne (sechs verheilt und vier unverheilt), 13 Läsionen hinten (drei verheilt und zehn unverheilt) und eine nicht bestimmbare Läsion. Der Unterschied ist allerdings nicht signifikant (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,08).

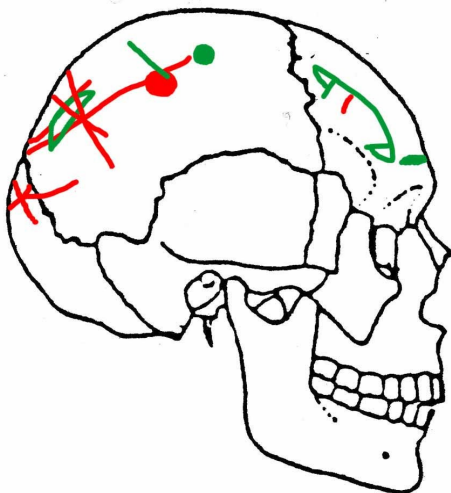


Abbildung 72: Traumata am Schädel  
(rechte Seite)

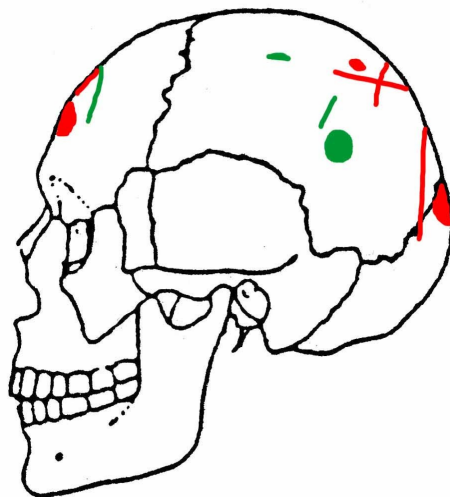
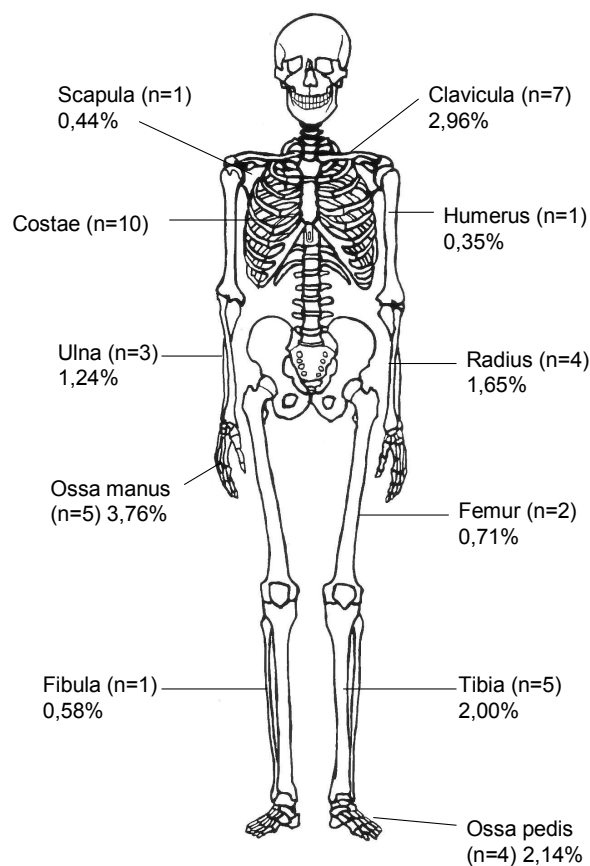


Abbildung 73: Traumata am Schädel  
(linke Seite)

### 5.2.3) Knochenfrakturen des postcranialen Skelettes

Um die Frequenz der Traumata des erwachsenen postcranialen Skelettes zu ermitteln, wurde die Anzahl der identifizierten Traumaläsionen in Relation zur minimalen Individuenanzahl der jeweiligen Skelettelemente gesetzt (siehe Tabelle 19). Hierbei handelt es sich meist um verheilte Frakturen mit Kallusbildung. Am häufigsten betroffen sind Rippen (*Costae*, n=10) und Schlüsselbein (*Clavicula*, n=7). Die am seltensten betroffenen Skelettelemente sind Oberarm (*Humerus*, n=1), Wadenbein (*Fibula*, n=1) und Schulterblatt (*Scapula*, n=1). Andere Skelettelemente blieben ohne jegliche Traumata-erscheinung (z.B. *Patella*, *Pelvis*). Die Traumafrequenz ist in Abbildung 74 dargestellt.



**Abbildung 74: Prozentuale Verteilung von Traumata des postcranialen Skelettes in Relation der jeweiligen Skelettelemente des gesamten Friedhofs (Zeichnung modifiziert nach Czarnetzki 1996)**

Tabelle 19: Prozentuale Verteilung von Traumata des postcranialen Skelettes in Relation der jeweiligen Skelettelemente nach Arealen, Individuen *in situ* und aus dem Verwurf

Skelettelement	West	Nordost	Südost	<i>in situ</i>	Verwurf
<b>Humerus (N=287)</b>		3,23% (n=1)			0,65% (n=1)
<b>Ulna (N=241)</b>	2,00% (n=1)	3,45% (n=1)	0,62% (n=1)	2,75% (n=3)	
<b>Radius (N=243)</b>	1,89% (n=1)		1,88% (n=3)	1,89% (n=2)	1,46% (n=2)
<b>Femur (N=283)</b>			1,02% (n=2)		1,20% (n=2)
<b>Tibia (N=249)</b>			2,84% (n=5)		3,50% (n=5)
<b>Fibula (N=171)</b>	3,45% (n=1)			0,95% (n=1)	
<b>Clavicula (N=203)</b>	2,00% (n=1)	8,70% (n=2)	3,10% (n=4)	4,89% (n=6)	1,25% (n=1)
<b>Scapula (N=226)</b>			0,70% (n=1)		1,06% (n=1)
<b>Costae</b>	n=6		n=4	n=9	n=1
<b>Ossa manus ( Os scaphoideum N=133)</b>	8,00% (n=2)	5,56% (n=1)	2,22% (n=2)	4,17% (n=3)	3,28% (n=2)
<b>Ossa pedis (Talus N=187)</b>			3,13% (n=4)	2,25% (n=2)	2,04% (n=2)
<b>Gesamt</b>	n=12	n=5	n=26	n=26	n=17

Maximale prozentuale Werte werden im Nordostteil für Schlüsselbeinfrakturen (*Clavicula*, 8,70%) und Frakturen der Hand (*Ossa manus*, 5,56%) erreicht. Im Westteil sind Frakturen der Hand (8,00%) prozentual ebenfalls sehr häufig. *In situ* werden ebenfalls für Schlüsselbein (4,89%) und Hände (4,17%) die höchsten Traumafrequenzen erzielt. Bei den Skelettelementen im Verwurf liegt die maximale prozentuale Verteilung der Traumata mit 3,28% bei den Händen und bei den Schienbeinen (*Tibiae*, 3,50%). Die untersuchten Rippenfrakturen konnten nicht in prozentualen Werten angegeben werden. Bei allen Skelettelementen wurde die Lokalisation des Traumas beschrieben, des Weiteren wurden Brüche von *Radius* und *Ulna* bei der morphologischen Befundung in Colles- und Parietfraktur unterteilt. So kommt im Westteil und Nordostteil des Friedhofs jeweils eine

Collesfraktur der *Ulna* vor, im Südostteil eine Parietfraktur. Der *Radius* zeigt eine Collesfraktur im Westteil und drei Colles- und zwei Parietfrakturen im Südostteil. Sie verteilen sich gleichmäßig auf Skelettelemente *in situ* und aus dem Verwurf (jeweils eine Pariet- und eine Collesfraktur).

#### 5.2.4) *Cribrata orbitalia* und *porotische Hyperostosen* des Schädeldaches

Insgesamt wurden 189 Schädel, von denen mindestens eine *Orbita* vorhanden war, ausgewertet. 36 Schädel zeigen *Cribrata orbitalia* (19,05%), 60 Schädel zeigen *porotische Hyperostosen* (31,75%). 22 von 123 männlich bestimmten Schädeln weisen *Cribrata orbitalia* auf (17,89%), 40 *porotische Hyperostosen* (32,52%). Neun von 48 weiblich bestimmten Schädeln zeigen *Cribrata orbitalia* (18,75%), 15 zeigen *porotische Hyperostosen* (31,25%) (siehe Abbildung 75). Ein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied ist weder für *Cribrata orbitalia* (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,53), noch für die *porotischen Hyperostosen* (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,51) festzustellen. Die Differenz, die zwischen den Werten für den gesamten Friedhof und der Geschlechterverteilung zustande kommt, resultiert daher, dass an einigen Individuen/Schädeln das Geschlecht nicht bestimmt werden konnte.

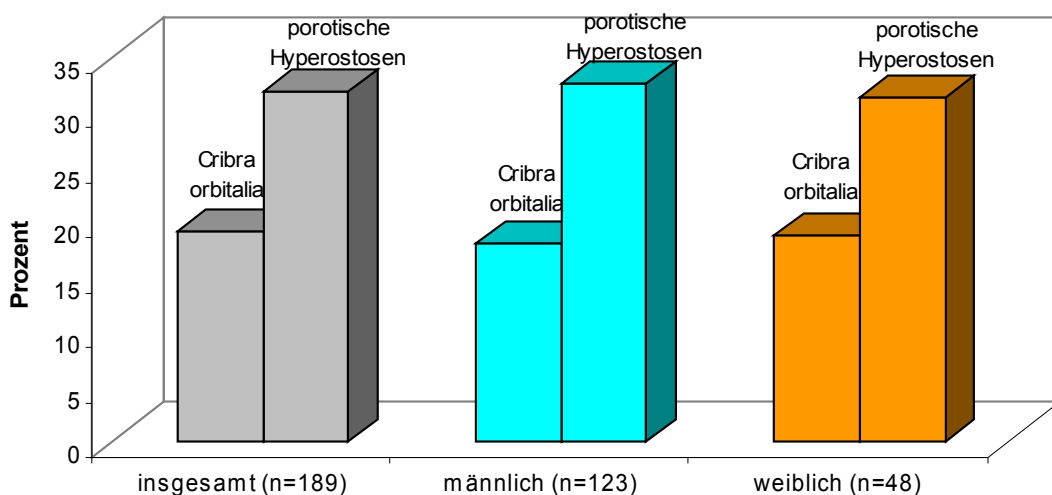


Abbildung 75: Prozentuale Verteilung von *Cribrata orbitalia* und *porotischen Hyperostosen* über den gesamten Friedhof und nach Geschlecht

Im Westteil des Friedhofs zeigen vier von 41 Schädeln *Cribrra orbitalia* (9,76%) und elf von 41 Schädeln *porotische Hyperostosen* (26,83%). Die Schädel des Nordostteils hingegen weisen 26,92% *Cribrra orbitalia* (sieben von 26) und 23,08% *porotische Hyperostosen* (sechs von 26) auf. Im Südosten des Friedhofs zeigen 17 von 122 Schädeln (13,93%) *Cribrra orbitalia* und 43 von 122 (35,25%) *porotische Hyperostosen* (siehe Abbildung 76). Ein signifikanter Unterschied der drei Friedhofsareale ist weder für *Cribrra orbitalia* (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,14) noch für die *porotischen Hyperostosen* (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,35) festzustellen.

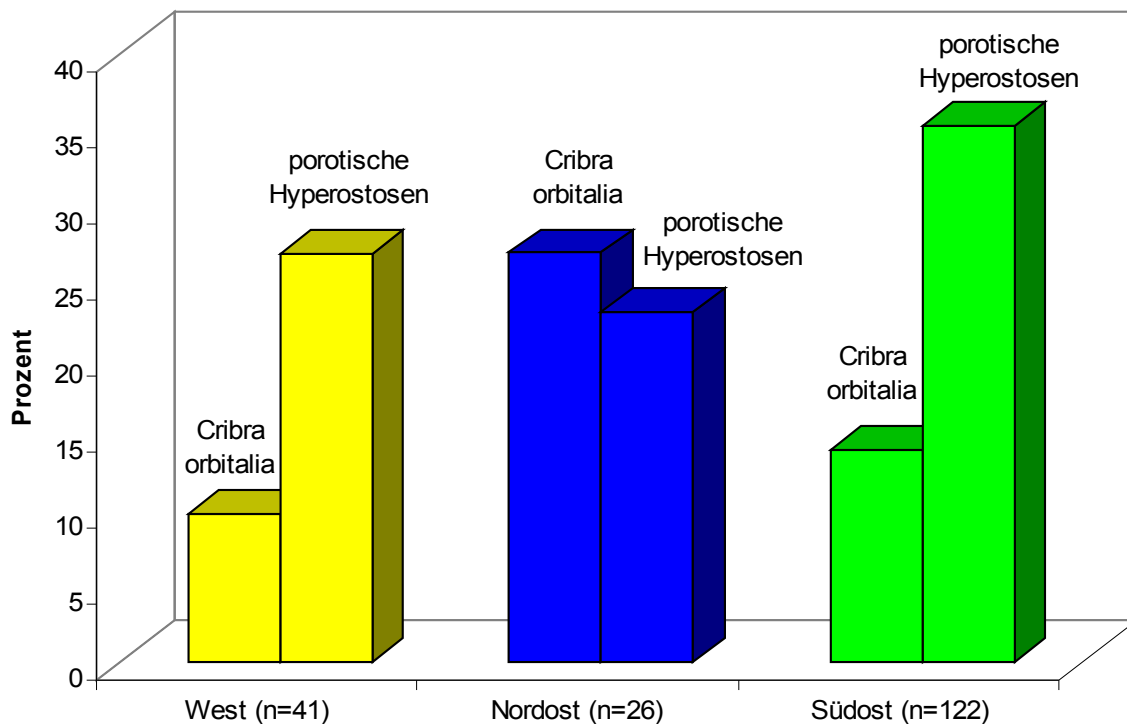


Abbildung 76: Prozentuale Verteilung von *Cribrra orbitalia* und *porotischen Hyperostosen* nach Arealen

21 von 99 Schädeln, die *in situ* vorgefunden wurden, weisen *Cribrra orbitalia* auf (21,21%), 36 von 99 *in situ*- Schädeln (36,36%) zeigen *porotische Hyperostosen*. Schädel aus dem Verwurf hingegen zeigen bei 14,44% (13 von 90) *Cribrra orbitalia* und bei 26,67% (24 von 90)



*porotische Hyperostosen* (siehe Abbildung 77). Ein signifikanter Unterschied zwischen *in situ*- und Verwurf- Individuen ist weder für *Cribrā orbitalia* (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,15) noch für die *porotische Hyperostosen* (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,10) festzustellen.

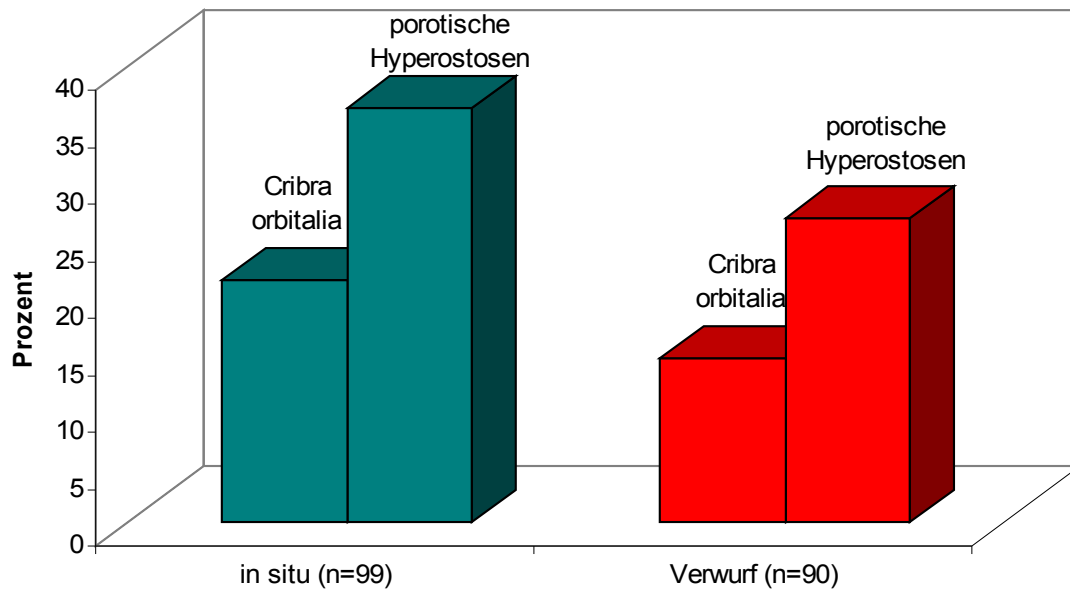


Abbildung 77: Prozentuale Verteilung von *Cribrā orbitalia* und porotischen Hyperostosen der *in situ*- Individuen und des Verwurfs

Da *Cribrā orbitalia* an historischem Skelettmaterial vorwiegend bei Kindern und Jugendlichen als „Stressindikator“ gilt (Hühne-Osterloh 1989, Lewis 2002), sollen diese Altersgruppen gesondert betrachtet werden. Kinderskelette von bis zu einem Jahr weisen eine *Cribrā orbitalia*-Frequenz von 40,9% (neun von 22) auf. *Orbitae* von Kindern zwischen einem und sechs Jahren zeigen eine Frequenz von 28,6% (zwei von sieben) und Kinder von sechs bis zwölf haben zu 60,0% (drei von fünf) *Cribrā orbitalia*. Die Schädel von Jugendlichen zwischen zwölf und 20 Jahren weisen zu 66,7% (zwei von drei) *Cribrā orbitalia* auf. Laut Fisher-Exact-Test zeigen die verschiedenen Altersklassen keine signifikanten Unterschiede in der Frequenz von *Cribrā orbitalia* (p=0,57).

Die *Cribra-orbitalia*-Frequenz bei Kindern und Jugendlichen ist im Südostteil mit 50,0% (sechs von zwölf) am größten, gefolgt vom Nordostteil mit 45,45% (fünf von elf), und am geringsten im Westteil mit 35,71% (fünf von 14) (siehe Abbildung 78). Der Unterschied der drei Gräberareale ist statistisch nicht signifikant (Chi<sup>2</sup>-Test, p=0,57).

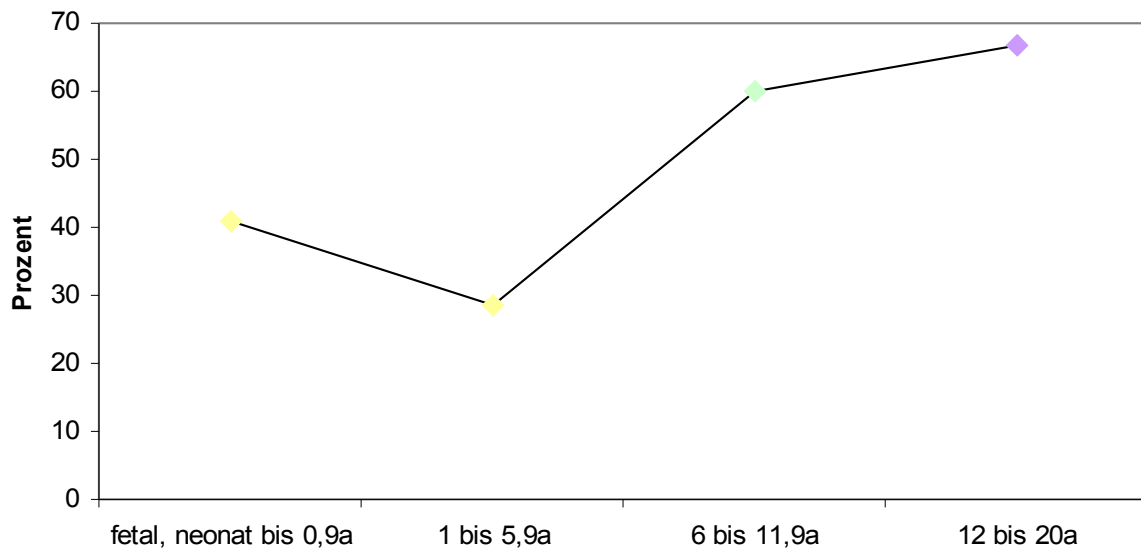


Abbildung 78: Prozentuale Verteilung von *Cribra orbitalia* bei Kindern und Jugendlichen (<20a)

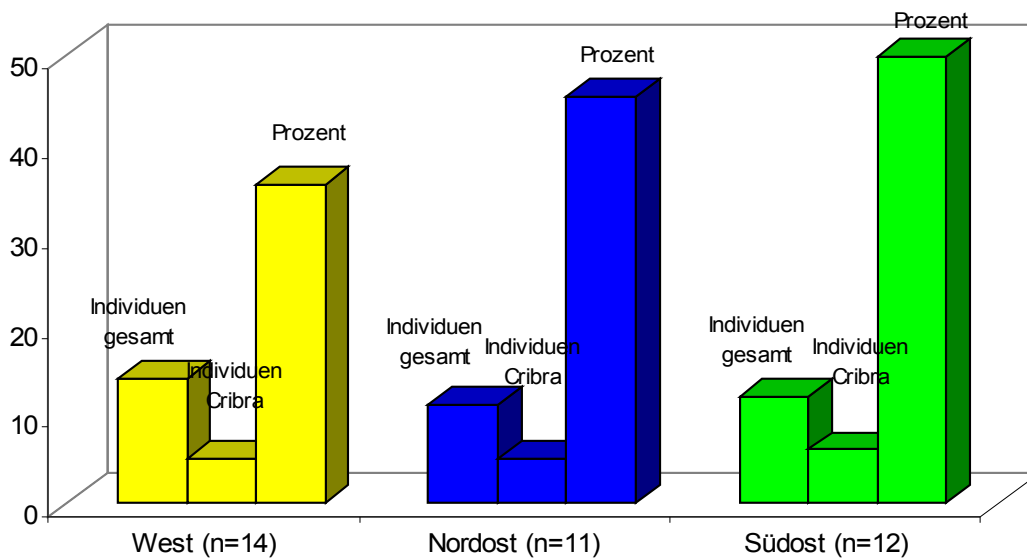


Abbildung 79: Prozentuale Verteilung von Cribra orbitalia bei Kindern und Jugendlichen (<20a) nach Arealen

Ein Vergleich von Kinder- und Jugendlichen *in situ* mit den Individuen des Verwurfs stellte sich als nicht sinnvoll heraus, da die Gesamtindividuenzahl der Kinder aus dem Verwurf zu klein ist.

### 5.3) Molekularbiologische Untersuchungen

Zusätzlich zur paläopathologisch-morphologischen Untersuchung sollten mittels ausgewählter Proben weitere krankheitsrelevante Informationen auf molekularbiologischer Ebene gewonnen werden. Der Nachweis von mykobakterieller DNA sollte Aussagen zum Auftreten und der Relevanz von Tuberkulose in der Petersberger Bevölkerungsgruppe ermöglichen. Hierzu wurden sechs Proben einer molekularbiologischen Analyse unterzogen. In fünf Fällen lagen morphologische Befunde vor, die auf einen entzündlichen Prozess, speziell eine Tuberkulose, hinwiesen:

Die Proben Pb 71 und Pb 661 zeigten eine Panzerpleura (*Pleuritis calcinosa*) im Brustkorbbereich (siehe Abbildung 80). Diese Kalkschwarte ist charakteristisch für eine vorangegangene chronische Lungenentzündung (*Pneumonie*), die oft in Folge einer Infektion mit *Mycobacterium tuberculosis* auftritt (Behrendt 1930, Roberts & Buikstra 2003).



Abbildung 80: Panzerpleura von Pb 71 (Ein Kästchen ist gleich 1cm)

Die Individuen Pb 577 und Pb 635 zeigten morphologische Hinweise auf vermehrte Gefäßproliferation (*Hypervaskularisation*) an den Wirbelkörpern. Hiermit assoziiert fanden sich feinporöse periostale Auflagerungen an der *Ventralseite* der Wirbelkörper als Hinweis für eine entzündliche bzw. postentzündliche Reaktion (Herrmann et al. 1990). Ein morphologisch auffälliger Rinderwirbel (Pb 362 Rind) mit einem Defekt wurde bei der paläoanatomischen Untersuchung entdeckt und für eine DNA-Analyse ausgewählt (siehe Abbildung 81). Eine Infektion mit *Mycobacterium bovis* kann über die repetitive Sequenz IS6110 ebenfalls detektiert werden (Eisenach et al. 1990, Zink et al. 2005).



**Abbildung 81: Lendenwirbel eines Rindes (Pb 362) mit kaudo-dorsalen Schnittspuren. Der Defekt liegt mittig im latero-ventralen Bereich (mit freundlicher Genehmigung von S. Bischler)**

Zur Kontrolle wurde ein morphologisch „unauffälliges“ Individuum analysiert (Pb 854).

### **5.3.1) Amplifikation humaner DNA**

Als Kontrolle für den Nachweis von amplifizierbarer, nicht durch Hemmstoffe inhibierter DNA in den jeweiligen Proben wurde ein 202bp große Segment des menschlichen  $\beta$ -Actin Gens amplifiziert und mittels Gelelektrophorese aufgetrennt (Ghossein et al. 1994, Zink et al. 2001). Die Standardleiter zeigt Banden im Abstand von 50bp. Vier der Proben zeigen eine eindeutige Bande bei 202bp (Pb 71, Pb 577, Pb 635, Pb 661), eine Probe zeigt eine schwache Bande (Pb 854). Beide Extraktions-Kontrollen (K1, K2) und die PCR-Kontrolle sind kontaminationsfrei.

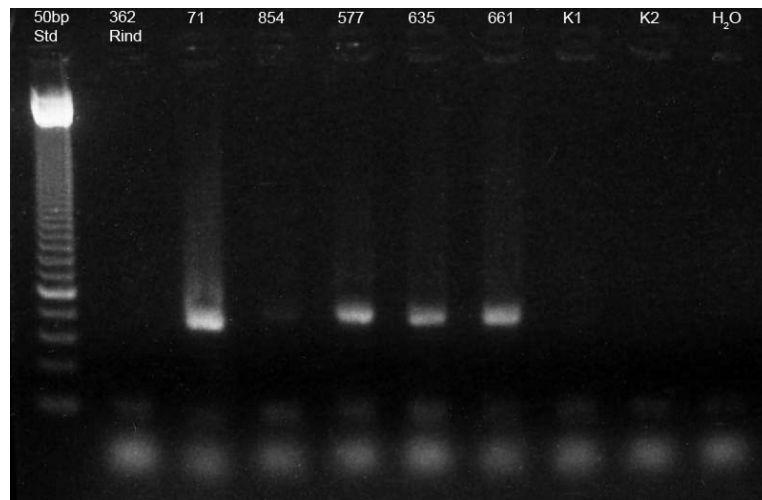


Abbildung 82: Gelelektrophorese des amplifizierten  $\beta$ -Actin Gens

### 5.3.2) Amplifikation mykobakterieller DNA

Zum Nachweis des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes wurde ein 123bp Segment der repetitiven Sequenz IS6110 amplifiziert und mittels Gelelektrophorese aufgetrennt (Eisenach et al. 1990, Zink et al. 2001). In zwei Proben zeigte sich jeweils eine schwache, jedoch eindeutige Bande der erwarteten Größe bei 123bp (Pb 577, Pb 635). Beide Extraktions-Kontrollen (K1, K2) und die PCR-Kontrolle sind auch hier kontaminationsfrei. Die Standardleiter zeigt Banden im Abstand von 100bp.

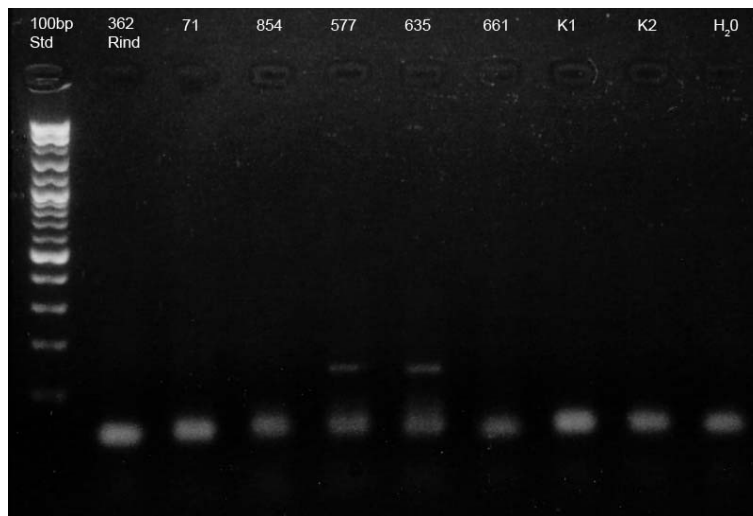
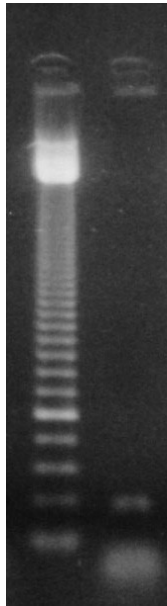


Abbildung 83: Gelelektrophorese der amplifizierten repetitiven Sequenz IS6110

### 5.3.3) Restriktionsenzymverdau

Um die Ergebnisse der beiden positiven Proben mit der repetitiven Sequenz IS6110 des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes zu verifizieren (oder falsifizieren), wurde ein Restriktionsenzymverdau mit dem Enzym *Hae III* durchgeführt. Für beiden Proben zeigte sich ein positives Ergebnis mit typischer Bande bei 94bp. Hier wurde ein 50bp Standard verwendet, das Spaltprodukt von 29bp Größe ist für den Nachweis in der Agarose-Elektrophorese zu klein und wird in der Regel nicht detektiert.



**Abbildung 84:**  
Gelelektrophorese des  
Restriktionsenzymverdaus  
mit *Hae III*

#### **5.4) Kollagenanalyse**

Als Qualitätskriterium für die Isotopenmessung wurden ausführliche Untersuchungen des Knochenkollagens durchgeführt. Die Analysen umfassten eine Bestimmung der Kollagenkonzentration im untersuchten Knochen in Gewichtsprozent und des Aminosäurertrag in nmol pro 100mg Knochen. Hieraus errechnet sich die prozentuale Aminosäurezusammensetzung und der prozentuale Kohlenstoff- bzw. Stickstoff-Gehalt des Kollagens jeder einzelnen Knochenprobe. Das C/N-Verhältnis und die Konzentration dieser beiden Elemente im Kollagen wurden mit Richtwerten für rezentes Kollagen aus der Literatur verglichen.



### 5.4.1) Quantitative Daten des menschlichen und tierischen Kollagens

Insgesamt wurden 63 menschliche Knochenproben einer Kollagenextraktion unterzogen. Ferner wurden von 24 Tierknochenproben Extraktionen durchgeführt. Alle Proben zeigten extrahiertes Kollagen. In den Tabellen 20 und 21 ist die Einwaage (mg) an für die Extraktion verwendetem Knochenpulver und der daraus resultierende Ertrag des Lyophilisates (Ausbeute in mg) dargestellt. Hieraus wird der prozentuale Anteil der Gelatine am Trockengewicht der einzelnen Knochenproben errechnet.

**Tabelle 20: Kollagenausbeute der menschlichen Knochen (n=63). Die Einwaage und der Ertrag sind in mg, die Kollagenkonzentration in Prozent der Einwaage angegeben. Erhoben wird der Mittelwert mit Standardabweichung**

<b>Befund-Nr.</b>	<b>Einwaage (mg)</b>	<b>Ertrag Lyophilisat (mg)</b>	<b>% der Einwaage</b>
47	501,84	9,80	1,95
67	500,20	13,69	2,74
69	499,28	5,20	1,04
71	504,02	9,28	1,84
72	502,63	14,31	2,85
227d	502,11	13,61	2,71
227e	503,16	22,35	4,44
227i	500,28	6,60	1,32
228	400,67	15,67	3,91
262	501,73	7,20	1,44
289	499,57	18,07	3,62
319	501,95	8,07	1,61
322	502,33	13,00	2,59
365	502,17	7,93	1,58

---

<b>Befund-Nr.</b>	<b>Einwaage (mg)</b>	<b>Ertrag Lyophilisat (mg)</b>	<b>% der Einwaage</b>
404a	503,40	10,47	2,08
444	502,97	8,73	1,74
498	503,82	13,93	2,76
499	500,60	5,82	1,16
527	499,85	10,70	2,14
539	502,60	11,87	2,36
557	498,82	14,65	2,94
566	500,74	13,74	2,74
577	501,44	8,92	1,78
593k	499,11	15,06	3,02
594	499,94	13,46	2,69
595	498,71	11,06	2,22
596	502,16	14,92	2,97
631	502,67	8,28	1,65
635	498,79	9,72	1,95
636	500,82	12,14	2,42
637	499,69	13,30	2,66
638	501,97	8,76	1,75
639	502,08	6,88	1,37
642	504,17	19,27	3,82
644	498,43	11,89	2,39
649	499,38	11,00	2,20
659	499,67	15,30	3,06
700	501,82	12,47	2,48

<b>Befund-Nr.</b>	<b>Einwaage (mg)</b>	<b>Ertrag Lyophilisat (mg)</b>	<b>% der Einwaage</b>
701	500,75	11,99	2,39
702	502,94	11,82	2,35
710	503,25	1,90	0,38
732	500,46	16,97	3,39
733	498,88	14,18	2,84
735	504,96	11,46	2,27
740	500,42	5,20	1,04
742	499,31	9,30	1,86
744	499,61	9,89	1,98
777	499,78	8,62	1,72
780	502,44	18,84	3,75
818	499,31	6,45	1,29
820	500,02	22,70	4,54
830	503,83	10,69	2,12
831	502,17	8,50	1,69
832	502,87	10,63	2,11
833	498,58	15,87	3,18
834	500,07	10,34	2,07
842	498,96	8,70	1,74
843	501,37	11,00	2,19
900	501,38	13,78	2,75
936	508,23	14,28	2,81
938	498,26	6,20	1,24
1031	498,33	16,38	3,29

<b>Befund-Nr.</b>	<b>Einwaage (mg)</b>	<b>Ertrag Lyophilisat (mg)</b>	<b>% der Einwaage</b>
1101	505,94	19,90	3,93
<b>Mittelwert</b>	<b>499,65</b>	<b>11,79</b>	<b>2,36</b>
<b>Stabw</b>	<b>12,83</b>	<b>4,19</b>	<b>0,85</b>
<b>Mittelwert (Korrektur)</b>		<b>11,95</b>	<b>2,40</b>
<b>Stabw (Korrektur)</b>		<b>4,03</b>	<b>0,82</b>

Bei einer Einwaage von  $499,65\text{mg} \pm 12,83$  liegt der Mittelwert für den Lyophilisat- Ertrag der menschlichen Knochenproben bei  $11,79\text{mg} \pm 4,19$ . Der prozentuale Gewichtsanteil Kollagen der Proben beträgt  $2,36\% \pm 0,85$ . Proben mit zu wenig Gewichtsanteil wurden in der Interpretation nicht berücksichtigt (Korrektur). Nach der Korrektur (Pb 710) beträgt der Mittelwert des prozentuale Gewichtsanteils Kollagen  $2,40\% \pm 0,82$ . Der Maximalwert liegt hier bei  $4,54\%$  (Pb 820), der kleinste Wert bei  $0,38\%$  (Pb 710).

**Tabelle 21: Kollagenausbeute der Tierknochen (n=36). Die Einwaage und der Ertrag sind in mg, die Kollagenkonzentration in Prozent der Einwaage angegeben. Erhoben wird der Mittelwert mit Standardabweichung**

<b>Befund-Nr.</b>	<b>Spezies</b>	<b>Skelettelement</b>	<b>Einwaage (mg)</b>	<b>Ertrag Lyophilisat (mg)</b>	<b>% der Einwaage</b>
208	Katze	Femur	500,33	14,87	2,97
250	Hund	Rippe	500,86	36,84	7,36
330	Fuchs	Humerus	497,00	12,31	2,48
84	Bär	Metatarsus	495,66	9,76	1,97
400	Feldhase	Tibia	500,74	20,71	4,14
257	Feldhase	Tibia	496,38	7,38	1,49
387	Rind	Tibia	496,83	16,85	3,39

Befund-Nr.	Spezies	Skelettelement	Einwaage (mg)	Ertrag Lyophilisat (mg)	% der Einwaage
268	Rind	Phalanx	504,68	12,37	2,45
269	Rind	Phalanx	497,44	14,16	2,85
268	Rind	Rippe	496,96	8,79	1,77
64	Rind	Femur	497,72	13,78	2,77
322	Rind	Rippe	501,75	10,24	2,04
315.3	Rind	Femur	502,70	8,65	1,72
315.4	Rind	Tibia	501,00	10,12	2,02
593.1	Rind	Phalanx	500,70	9,33	1,86
1170.3	Rind	Mandibula	501,10	11,84	2,36
1035.1	Rind	Phalanx	499,80	10,37	2,07
315.2	Kalb	Phalanx	500,40	7,98	1,59
315.1	Kalb	Metapodium	500,00	9,94	1,99
405.1	Kalb	Lendenwirbel	500,10	12,71	2,54
593.2	Kalb	Tibia	499,80	10,55	2,11
1035.2	Kalb	Metatarsus	500,00	9,81	1,96
1170.1	Kalb	Mandibula	500,60	8,49	1,70
1170.2	Kalb	Metatarsus	500,00	9,64	1,93
268	Schaf	Radius li.	496,38	7,08	1,43
206	Schaf	Axis juv.	502,62	9,63	1,92
269	Schwein	Cranium	502,70	7,29	1,45
206	Schwein	Mandibula	494,04	9,28	1,88
206	Schwein	Fibula	500,99	11,97	2,39
64	Schwein	Mandibula	496,41	10,86	2,19
269	Schwein	Phalanx juv.	504,92	21,26	4,21

Befund-Nr.	Spezies	Skelettelement	Einwaage (mg)	Ertrag Lyophilisat (mg)	% der Einwaage
379	Gans	Phalanx	165,93	2,31	1,39
387	Huhn	Pelvis	500,27	10,25	2,05
268	Huhn	Tibiotarsus	498,24	10,47	2,10
268	Ziege	Calcaneus	503,55	8,76	1,74
206	Ziege	Tibia	497,00	12,34	2,48
<b>Mittelwert</b>			<b>490,43</b>	<b>11,64</b>	<b>2,35</b>
<b>Stabw</b>			<b>55,69</b>	<b>5,59</b>	<b>1,08</b>

Bei einer Einwaage von  $490,43\text{mg} \pm 55,69$  liegt der Mittelwert für den Lyophilisat- Ertrag der Tierknochenproben bei  $11,64\text{mg} \pm 5,59$ . Die Kollagenkonzentration in Gewichtsprozent liegt bei  $2,35\% \pm 1,08$ . Der Maximalwert liegt hier bei  $7,36\%$  (Pb 250, Hund), der kleinste Wert bei  $1,39\%$  (Pb 379, Gans).

#### 5.4.2) Aminosäureanalyse

Für die Aminosäureanalyse wurden zehn Stichproben (je 2 mg Lyophilisat) extrahierten menschlichen Knochenkollagens Typ I herangezogen. Für die analysierten Aminosäuren werden im Folgenden die hier aufgeführten Abkürzungen verwendet:

OH-pro= Hydroxyprolin, asp= Asparaginsäure, thr= Threonin, ser= Serin, glu= Glutaminsäure, pro= Prolin, gly= Glycin, ala= Alanin, val= Valin, met =Methionin, ile= Isoleucin, leu= Leucin, tyr= Tyrosin, phe= Phenylalanin, his= Histidin, OH-lys= Hydroxylysin, lys= Lysin, arg= Arginin.

Die quantitative Auswertung der Aminosäureanalyse wurde in nmol Aminosäuren pro mg Protein und in nmol Aminosäuren pro 100mg Knochen berechnet.

Tabelle 22: Quantitative Auswertung der Aminosäurenanalyse

	Einwaage (mg)	Ausbeute (mg)	Einwaage ASA (mg)	nmol AS/ 20ml	nmol AS/mg Protein	nmol AS/100mg Knochen
Pb 71	504,0	9,3	2,3	255,7	4300,2	<b>10062,5</b>
Pb 289	499,6	18,1	2,0	160,3	6966,8	<b>14212,3</b>
Pb 557	498,8	14,6	2,3	93,0	2537,8	<b>5887,7</b>
Pb 595	498,7	11,1	2,0	95,6	2595,8	<b>5243,6</b>
Pb 659	499,7	15,3	2,2	185,8	6155,4	<b>13234,1</b>
Pb 735	505,0	11,5	2,4	107,5	2209,6	<b>5192,6</b>
Pb 818	499,3	6,5	2,5	91,6	924,7	<b>2339,5</b>
Pb 900	501,4	13,8	2,3	185,2	4981,3	<b>11257,7</b>
Pb 936	508,2	14,3	2,5	112,3	2524,4	<b>6310,9</b>
Pb 1031	498,3	16,4	2,2	127,1	4477,2	<b>9670,7</b>
<b>Mittelwert</b>					<b>3767,3</b>	<b>8341,2</b>
<b>Stabw</b>					<b>1918,8</b>	<b>3906,1</b>

Der Mittelwert von nmol Aminosäuren pro mg Protein beläuft sich auf 3767,3nmol ± 1918,8. Die Aminosäurenanalyse liefert eine Ausbeute mit einem Mittelwert von 8341nmol ± 3906,1 Aminosäuren pro 100mg Knochenmehl (siehe Tabelle 22).

Als besonders ertragreich sind die Proben Pb 289 (6966,8nmol AS/mg Protein und 14212,3nmol AS/100mg) und Pb 659 (6155,4nmol AS/mg Protein und 13234,1nmol AS/100mg) hervorzuheben. Besonders niedrige Werte ergab die Probe Pb 818 (924,7nmol AS/mg Protein und 2339,5nmol AS/100mg).

Für eine relative Auswertung wurden die einzelnen Aminosäuren in Prozentanteile (nmol%) umgerechnet (siehe Tabelle 23).

**Tabelle 23: Der prozentuale Anteil der Aminosäuren in nmol%. Von den Proben wurde der Mittelwert mit Standardabweichung erhoben**

	Pb 71	Pb 289	Pb 557	Pb 595	Pb 659	Pb 735	Pb 818	Pb 900	Pb 936	Pb 1031	Mittel- wert	Stabw
<b>OH-pro</b>	30,3	34,6	11,2	24,0	26,0	21,9	20,9	30,2	23,0	24,3	<b>24,6</b>	<b>6,4</b>
<b>asp</b>	1,9	2,2	21,3	5,5	5,8	4,9	6,2	7,4	5,0	4,2	<b>6,5</b>	<b>5,5</b>
<b>thr</b>	1,2	1,5	2,5	0,0	1,3	1,0	1,1	1,4	1,0	0,8	<b>1,2</b>	<b>0,6</b>
<b>ser</b>	0,0	0,0	0,7	0,6	1,0	0,9	0,8	1,4	1,0	0,8	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>
<b>glu</b>	7,1	5,8	7,1	6,7	6,6	6,9	7,0	5,5	7,8	6,7	<b>6,7</b>	<b>0,7</b>
<b>pro</b>	13,3	12,5	14,2	16,0	12,7	15,0	14,2	13,0	15,3	13,8	<b>14,0</b>	<b>1,2</b>
<b>gly</b>	22,4	22,7	24,3	25,5	23,2	27,4	27,7	21,7	25,3	27,4	<b>24,8</b>	<b>2,3</b>
<b>ala</b>	12,7	12,3	8,7	11,6	12,0	12,9	13,7	11,3	11,4	12,0	<b>11,9</b>	<b>1,3</b>
<b>val</b>	2,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>
<b>met</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	<b>/</b>
<b>ile</b>	1,2	0,6	0,9	1,6	0,5	0,0	0,0	0,5	0,4	0,4	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>
<b>leu</b>	2,0	2,1	2,5	2,4	1,9	1,4	1,8	1,7	2,7	1,8	<b>2,0</b>	<b>0,4</b>
<b>tyr</b>	0,0	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,0	0,4	0,2	0,9	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
<b>phe</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	<b>/</b>
<b>his</b>	0,0	0,0	0,7	0,0	3,3	0,9	0,0	0,4	0,6	0,3	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>
<b>OH-lys</b>	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>
<b>lys</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>
<b>arg</b>	5,1	4,9	5,3	5,2	4,4	6,0	6,2	4,8	6,0	6,1	<b>5,4</b>	<b>0,6</b>



Die ermittelten Werte wurden dann mit den Daten aus der Literatur für intaktes, rezentes Kollagen (Ambrose 1993) verglichen:

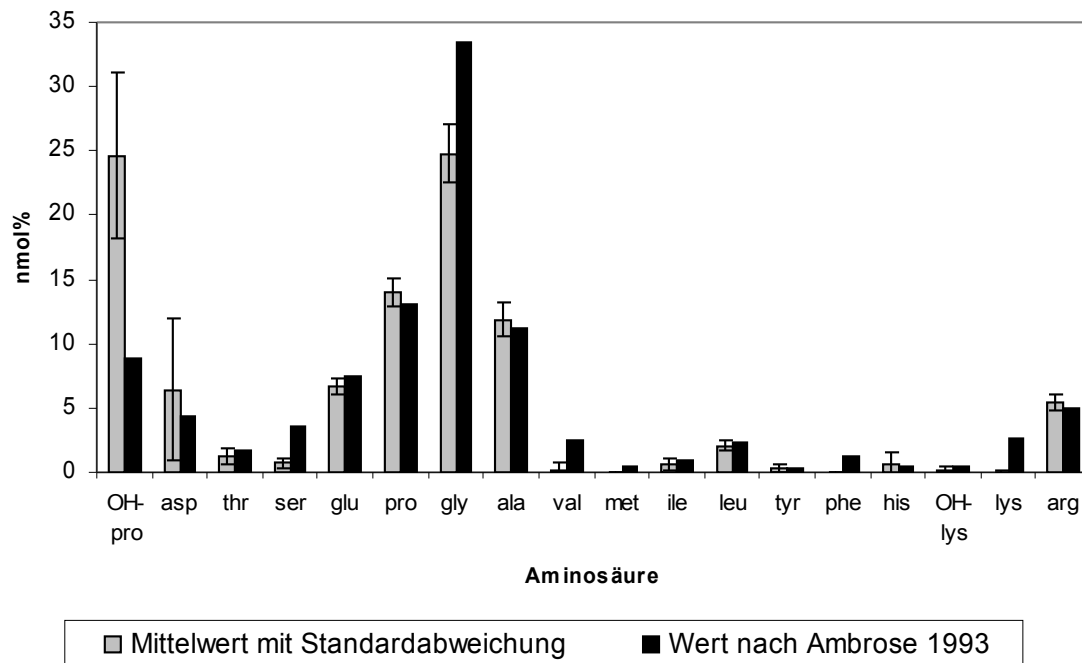


Abbildung 85: Aminosäurechromatogramme der Kollagenextrakte im Vergleich mit rezemem Kollagen (Ambrose 1993)

Hierbei ergab sich ein hohes Maß an Übereinstimmung, so dass grundsätzlich von einem relativ gut erhaltenen Kollagen in den analysierten Proben des Petersberger Materiales auszugehen ist. Allerdings zeigten sich auch Abweichungen zwischen rezemem und historischem Knochenkollagen. Hervorzuheben ist hierbei der deutlich erhöhte Anteil von Hydroxyprolin mit 24,6% im Vergleich zu 8,9% bei rezemem Kollagen (Ambrose 1993, siehe Einleitung, Tabelle 1). Auch bei der Asparaginsäure (6,5% vs. 4,4% nach Ambrose 1993) ist ein erhöhter Prozentanteil zu erkennen. Aminosäuren mit besonders niedrigen Prozentanteilen im Vergleich zu den Ambrose- Werten (1993) sind Glycin (24,8% vs. 33,4%), Serin (0,7% vs. 3,6%), Valin (0,2% vs. 2,5%) und Lysin (0,0% vs. 2,7%).

### 5.4.3) Untersuchung stabiler Isotope am Knochenkollagen

Nach Literaturangaben sollte gut erhaltenes fossiles Kollagen mehr als drei Gewichtsprozent Kohlenstoff und mehr als ein Prozent Stickstoff besitzen (Ambrose 1993). Rezentenes Kollagen weist ein molares C/N-Verhältnis von 3,2 auf. Das molare C/N-Verhältnis prähistorischer Knochen sollte zwischen 2,9 und 3,6 liegen (DeNiro 1985).

#### *Der N- und C-Gehalt und das C/N –Verhältnis*

Die 63 menschlichen Knochenproben wurden mit Elementaranalyse (gekoppelt mit Isotopenmassenspektrometrie) hinsichtlich Stickstoff und Kohlenstoff analysiert. Dabei wurden die Gewichtsprozent der Stickstoff- bzw. Kohlenstoff-Atome und das C/N-Verhältnis ermittelt (siehe Tabelle 24). Der Mittelwert für die Elementkonzentration der N-Atome beträgt  $12,13\% \pm 1,54$ . Für die Elementkonzentration der C-Atome ergibt der Mittelwert  $38,21\% \pm 4,93$ . Der Mittelwert der molaren C/N-Verhältnisse beträgt  $3,68 \pm 0,19$ . Die Maximalwerte für N% liegen bei 14,81% (Pb 735), für C% bei 46,41% (Pb 735). Die Minimalwerte für N% liegen bei 8,42% (Pb 639), für C% bei 26,81% (Pb 639). Das molare C/N-Verhältnis zeigt mit 4,04 (Pb 831) den größten, mit 2,86 (Pb 47) den niedrigsten Wert.

**Tabelle 24: Elementkonzentration von N und C mit molarem C/N-Verhältnis und  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Kollagen der menschlichen Knochen (n=63). Erhoben wurden der Mittelwert mit Standardabweichung und der Median**

<b>Befund-Nr.</b>	<b>Schnitt</b>	<b>Geschl.</b>	<b>Alter</b>	<b>N%</b>	<b>C%</b>	<b>C/N</b>	<b><math>\delta^{15}\text{N}</math></b>	<b><math>\delta^{13}\text{C}_{\text{Koll}}</math></b>
47	3	eher weibl.	ca. 0,58a	13,11	32,12	2,86	12,39	-20,78
67	3	weibl.	15-18a	11,68	35,46	3,54	8,31	-20,52
69	3	männl.	30-50a	13,48	42,91	3,71	9,98	-20,26
71	3	männl.	30-35a	14,27	44,31	3,62	10,04	-19,96
72	3	männl.	35-40a	12,19	37,59	3,60	9,96	-19,86

<b>Befund-Nr.</b>	<b>Schnitt</b>	<b>Geschl.</b>	<b>Alter</b>	<b>N%</b>	<b>C%</b>	<b>C/N</b>	<b><math>\delta^{15}\text{N}</math></b>	<b><math>\delta^{13}\text{C}_{\text{Koll}}</math></b>
227d	13/24	nd	9-11a	12,66	42,17	3,89	9,32	-20,41
227e	13/24	nd	4-6a	11,20	32,72	3,41	8,85	-19,97
227i	13/24	nd	5-12a	13,44	42,70	3,71	9,35	-20,52
228	13	wahrsch. männl.	40-60a	10,81	34,50	3,73	8,94	-20,89
262	13	wahrsch. männl.	40-60a	11,90	34,89	3,42	12,15	-20,77
289	13	männl.	50-70a	11,59	37,85	3,81	8,62	-20,55
319	15	weibl.	1,3-1,5a	11,79	36,72	3,64	10,73	-20,12
322	15	weibl.	45-50a	10,70	32,11	3,50	9,45	-20,48
365	15	männl.	25-30a	13,01	42,31	3,79	8,39	-20,43
404a	15/15a	männl.	9-12a	11,41	37,59	3,84	9,60	-20,17
444	15a	männl.	50-55a	12,64	38,77	3,58	11,04	-19,82
498	22	weibl.	35-40a	11,16	36,44	3,81	10,32	-20,78
499	22	männl.	22-25a	12,34	38,26	3,62	9,35	-20,11
527	22	männl.	30-35a	14,43	43,29	3,50	10,11	-19,78
539	22	männl.	35-40a	12,08	38,04	3,67	8,24	-20,47
557	22	männl.	6-8a	13,97	44,42	3,71	8,07	-20,52
566	22	weibl.	40-60a	10,46	32,13	3,58	10,03	-20,51
577	24	männl.	15-20a	9,00	29,61	3,84	8,43	-20,79
593k	26	nd	6-7a	14,04	45,75	3,80	8,89	-19,96
594	26	wahrsch. männl.	2,5a	13,24	40,62	3,58	10,27	-20,71
595	26	nd	1,8a	13,44	43,01	3,73	10,90	-20,07
596	26	männl.	45-50a	11,96	38,98	3,80	8,83	-20,70

Befund-Nr.	Schnitt	Geschl.	Alter	N%	C%	C/N	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Koll}}$
631	21	männl.	50-70a	11,78	34,69	3,44	8,42	-20,48
635	26	wahrsch. männl.	25-30a	10,78	33,31	3,60	8,82	-20,34
636	26	nd	8,5a	11,94	35,80	3,50	8,72	-19,88
637	26	männl.	40-60a	12,86	39,54	3,59	11,08	-20,91
638	26	weibl.	35-40a	11,62	38,54	3,87	8,42	-20,54
639	26	wahrsch. männl.	neonat ca.0,083a	8,42	26,81	3,72	10,09	-20,64
642	26	weibl.	60-65a	10,68	34,40	3,76	9,44	-20,61
644	26	weibl.	30-35a	11,50	37,13	3,77	9,84	-20,07
649	26	nd	0,25-0,5a	13,05	44,11	3,94	10,13	-20,65
659	22	weibl.	50-70a	12,93	42,06	3,79	9,32	-20,79
700	26	wahrsch. weibl.	neonat =< 0,083a	12,77	38,97	3,56	11,27	-20,03
701	26	männl.	30-50a	13,65	43,36	3,71	8,55	-20,78
702	26	wahrsch. weibl.	40-45a	10,72	33,56	3,65	8,21	-20,74
710	22	männl.	45-50a	14,21	45,42	3,73	9,32	-20,29
732	26	wahrsch. weibl.	neonat ca. 0,16a	13,04	41,04	3,67	10,84	-20,34
733	22/25	weibl.	20-25a	13,32	42,64	3,74	8,80	-20,13
735	22/25	nd	20-40a	14,81	46,41	3,66	8,82	-20,21
740	26	männl.	20-40a	12,00	34,71	3,38	9,52	-20,96
742	26	wahrsch. männl.	30-50a	9,63	31,94	3,87	10,33	-20,82
744	26	männl.	60-65a	11,41	33,54	3,43	9,48	-20,59
777	32	männl.	40-60a	8,53	29,45	4,03	9,46	-21,73

Befund-Nr.	Schnitt	Geschl.	Alter	N%	C%	C/N	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Koll}}$
780	30/31/32	nd	12-14a	13,57	41,39	3,56	8,48	-20,31
818	36	nd	ca. 0,5a	14,56	44,44	3,56	9,22	-20,82
820	36	männl.	65-70a	8,63	29,20	3,95	10,96	-20,19
830	36	wahrsch. weibl.	6,5a	10,55	30,73	3,40	9,88	-20,18
831	36	männl.	25-30a	11,36	39,36	4,04	9,61	-20,58
832	36	männl.	50-70a	12,34	36,02	3,41	8,88	-20,74
833	36	männl.	30-35a	13,21	43,56	3,85	11,46	-19,92
834	36	weibl.	35-40a	11,79	38,71	3,83	10,07	-20,53
842	36	nd	20-40a	13,51	43,74	3,78	8,38	-20,89
843	36	nd	20-40a	13,18	43,08	3,81	11,18	-20,61
900	37	nd	45-50a	13,70	43,26	3,68	8,73	-19,99
936	37	weibl.	50-70a	9,39	31,67	3,94	8,67	-20,81
938	37	weibl.	65-70a	12,57	41,77	3,88	9,46	-20,70
1031	39	wahrsch. männl.	30-50a	13,76	43,63	3,70	9,11	-19,85
1101	43	männl.	21-24a	10,73	33,83	3,68	10,65	-20,26
<b>Mittelwert</b>				<b>12,13</b>	<b>38,21</b>	<b>3,68</b>	<b>9,59</b>	<b>-20,44</b>
<b>Stabw</b>				<b>1,54</b>	<b>4,93</b>	<b>0,19</b>	<b>1,02</b>	<b>0,37</b>
<b>Median</b>				<b>12,19</b>	<b>38,54</b>	<b>3,71</b>	<b>9,45</b>	<b>-20,51</b>

Das aus 36 Tierknochenproben gewonnene Kollagen zeigt einen Mittelwert von  $13,04\% \pm 1,07$  für die Elementkonzentrationen der N-Atome (siehe Tabelle 25). Für die Elementkonzentrationen der C-Atome ergibt sich ein Mittelwert von  $42,47\% \pm 3,45$ . Das molare C/N-Verhältnis beträgt  $3,80 \pm 0,22$ . Die Probe Pb 315.2 (Rind) zeigt mit  $14,72\%$  den

größten N%-Wert, die Probe Pb 330 (Fuchs) zeigt mit 47,86% den größten C%-Wert. Die Minimalwerte mit 10,00% für N% und 34,82% für C% liegen bei einem Kalb (Pb 593.2) und einer Ziege (Pb 268). Das maximale molare C/N-Verhältnis beträgt 4,51 (Pb 593.2, Kalb), das minimale liegt bei 3,22 (Pb 379, Gans).

**Tabelle 25: Elementkonzentration von N und C mit molarem C/N-Verhältnis im Kollagen der Tierknochen (n=36). Erhoben wurden der Mittelwert mit Standardabweichung und der Median**

Befund-Nr.	Spezies	Skelettelement	N%	C%	C/N	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Koll}}$
208	Katze	Femur	12,02	42,88	3,83	9,17	-20,52
250	Hund	Rippe	13,71	40,21	3,42	5,78	-21,24
330	Fuchs	Humerus	14,67	47,86	3,81	6,07	-21,54
84	Bär	Metatarsus	13,68	45,70	3,90	1,07	-21,34
400	Feldhase	Tibia	12,86	39,19	3,55	5,84	-21,61
257	Feldhase	Tibia	13,61	45,99	3,94	4,79	-21,02
387	Rind	Tibia	13,98	42,46	3,54	4,57	-21,95
268	Rind	Phalanx	12,60	43,31	4,01	3,40	-22,10
269	Rind	Phalanx	12,67	43,43	4,00	3,59	-21,90
268	Rind	Rippe	13,22	45,04	3,98	3,68	-21,32
64	Rind	Femur	12,58	41,62	3,86	4,13	-21,91
322	Rind	Rippe	12,91	44,53	4,02	5,07	-20,91
315.3	Rind	Femur	14,72	46,61	3,69	4,04	-21,70
315.4	Rind	Tibia	14,54	45,98	3,69	2,83	-22,23
593.1	Rind	Phalanx	11,36	37,34	3,83	4,09	-22,99
1170.3	Rind	Mandibula	13,52	41,79	3,61	3,17	-21,99
1035.1	Rind	Phalanx	13,89	47,13	3,96	4,59	-21,56
315.2	Kalb	Phalanx	13,60	44,11	3,78	5,91	-21,99

Befund-Nr.	Spezies	Skelett-element	N%	C%	C/N	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Koll}}$
315.1	Kalb	Metapodium	14,60	46,63	3,73	3,54	-22,08
405.1	Kalb	Lendenwirbel	13,14	42,29	3,76	3,24	-21,35
593.2	Kalb	Tibia	10,00	38,62	4,51	7,40	-22,48
1035.2	Kalb	Metatarsus	13,10	44,44	3,96	5,78	-22,10
1170.1	Kalb	Mandibula	13,38	43,13	3,76	4,96	-21,09
1170.2	Kalb	Metatarsus	13,46	44,21	3,83	6,35	-21,68
268	Schaf	Radius li.	12,28	38,43	3,65	6,47	-21,65
206	Schaf	Axis juv.	12,86	42,56	3,86	5,80	-21,59
269	Schwein	Cranium	12,59	39,00	3,62	7,43	-21,58
206	Schwein	Mandibula	12,27	40,85	3,88	6,39	-21,81
206	Schwein	Fibula	13,65	45,95	3,93	6,58	-21,29
64	Schwein	Mandibula	11,87	37,77	3,71	8,60	-21,65
269	Schwein	Phalanx juv.	13,10	41,51	3,70	4,13	-21,30
379	Gans	Phalanx	13,46	37,07	3,22	6,35	-22,07
387	Huhn	Pelvis	11,90	36,08	3,54	7,81	-20,31
268	Huhn	Tibiotarsus	14,35	47,08	3,83	8,17	-19,71
268	Ziege	Calcaneus	10,58	34,82	3,84	2,28	-22,16
206	Ziege	Tibia	12,87	43,23	3,92	3,44	-21,39
		<b>Mittelwert</b>	<b>13,04</b>	<b>42,47</b>	<b>3,80</b>	<b>5,18</b>	<b>-21,59</b>
		<b>Stabw</b>	<b>1,07</b>	<b>3,45</b>	<b>0,22</b>	<b>1,87</b>	<b>0,61</b>
		<b>Median</b>	<b>13,12</b>	<b>43,01</b>	<b>3,83</b>	<b>5,02</b>	<b>-21,63</b>

Aufgrund der vorgenannten Qualitätskriterien des extrahierten Kollagens mussten einige Proben von der Datenauswertung für stabile Isotope ausgeschlossen werden. Bei den humanen Proben wurden sieben Proben aus der Auswertung genommen, so dass noch 56 valide (korrigierte) Proben verblieben. Bei den tierischen Proben wurden zehn Proben aussortiert, es blieben 26 valide (korrigierte) Proben. Im Folgenden werden nur noch die korrigierten Werte der stabilen Isotope im Kollagen herangezogen.

### *$\delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{15}\text{N}$ im Kollagen*

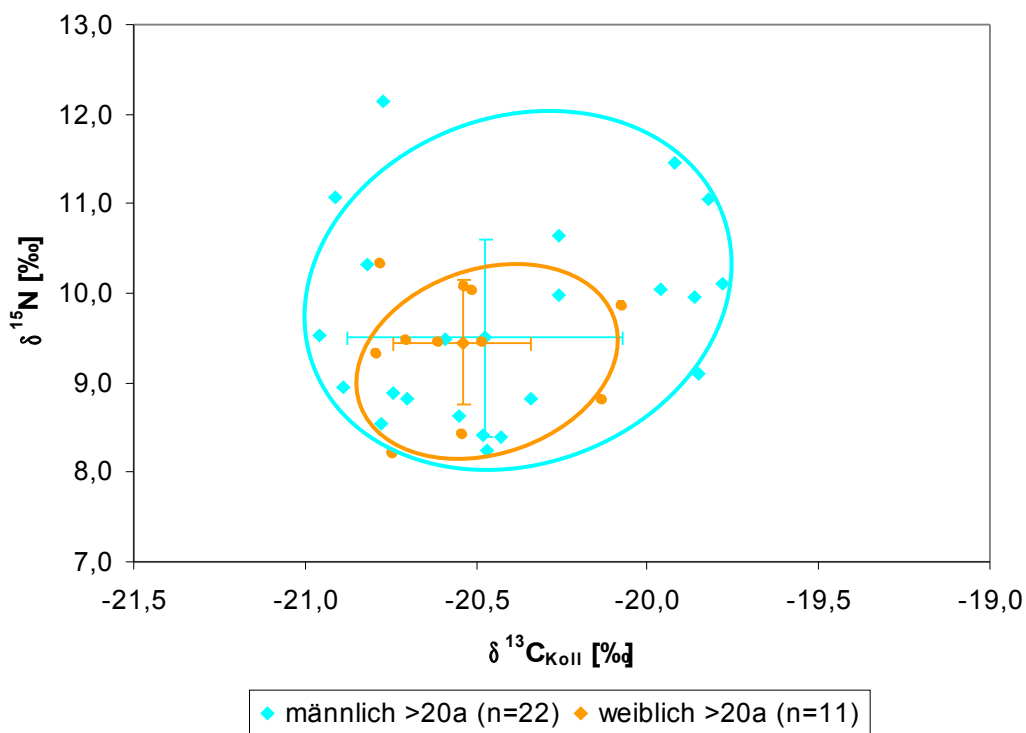
Die Probenauswahl der menschlichen Knochen für die massenspektrometrische Untersuchung erfolgte meist von *in situ*- Individuen, weil hier mehr zusätzliche morphologische Informationen erhoben werden konnten. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Kollagens von 56 Individuen ergeben einen Median von  $9,45\text{‰} \pm 1,05$ ; die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte einen Median von  $-20,50\text{‰} \pm 0,34$ . Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der erwachsenen Individuen (>20a) bewegen sich in einem Bereich von  $8,21\text{‰}$  bis  $12,15\text{‰}$ . Bei den  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten reicht die Skala von einem Minimalwert von  $-20,96\text{‰}$  bis zu einem Maximalwert von  $-19,78\text{‰}$ .

### *Vergleich nach Geschlecht*

Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte adulter männlicher Individuen (n=22) ergeben einen Median von  $9,50\text{‰} \pm 1,11$ ; die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte adulter weiblicher Individuen (n=11) ergeben einen Median von  $9,45\text{‰} \pm 0,68$  (siehe Abbildung 86). Der maximale  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Männer liegt bei  $12,15\text{‰}$  (Pb 262), der Minimalwert bei  $8,24\text{‰}$  (Pb 539). Bei den Frauen erreicht der maximale  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert  $10,32\text{‰}$  (Pb 498), der minimale  $8,21\text{‰}$  (Pb 702). Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte männlicher Individuen ergeben einen Median von  $-20,48\text{‰}$ , die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte weiblicher Individuen einen Median von  $-20,54\text{‰}$ . Der maximale  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert der Männer liegt bei  $-19,78\text{‰}$  (Pb 527), der Minimalwert bei  $-20,96\text{‰}$  (Pb 740). Bei den Frauen erreicht der maximale  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert  $-20,07\text{‰}$  (Pb 644), der Minimalwert  $-20,79\text{‰}$  (Pb 498). Laut Mann-Whitney-Test ist



der Unterschied zwischen Männern und Frauen weder für die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte ( $p=0,53$ ) noch für die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ( $p=0,49$ ) des Kollagens signifikant.



**Abbildung 86:  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Proben menschlichen Kollagens, männliche und weibliche adulte Individuen. Mit Median und Standardabweichung**

### *Korrelation der Körperhöhe mit $\delta^{15}\text{N}$*

Laut Literatur fördert regelmäßiges Protein in der Nahrung das Längenwachstum (Piper, 1974; Wolfram, 1999; Wurm, 1987). Um dies mit den erhobenen Daten des Petersberges zu veri- oder falsifizieren, wurden die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte mit den gemessenen Daten der Langknochen verglichen. Hierfür wurde die größte Länge des *Femur* herangezogen, weil dieser sich als am besten geeignet erwies. Die Messstrecke F1 links war die am häufigsten erhobene bei Individuen, an denen ebenfalls  $\delta^{15}\text{N}$  gemessen werden konnte.

Die Geschlechter wurden wie üblich getrennt ausgewertet (Grupe et al. 2005). Der Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt bei den Petersberger Männern 0,37 (geringe Korrelation,  $p=0,72$ ) und bei den Frauen 0,59 (mittlere Korrelation,  $p=0,41$ ).

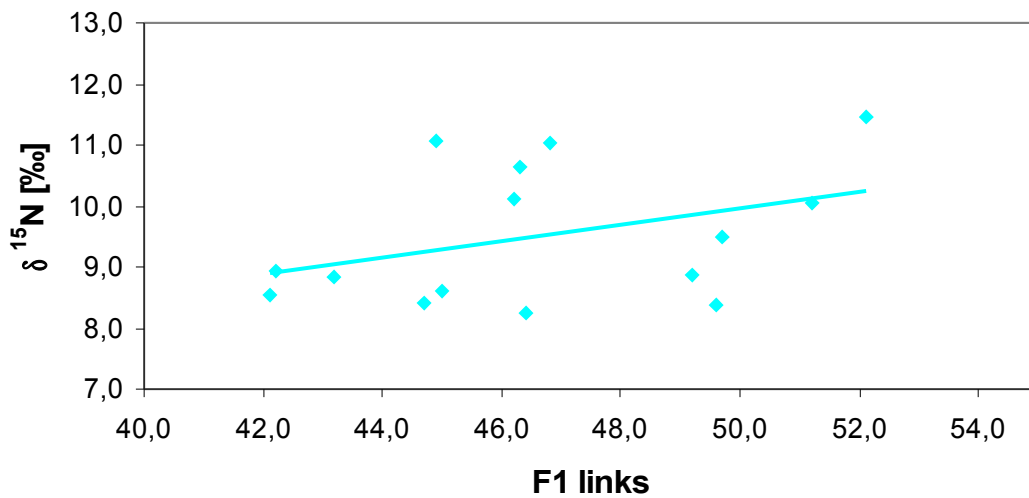


Abbildung 87:  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der männlichen Individuen mit der größten Länge des Femurs (links)

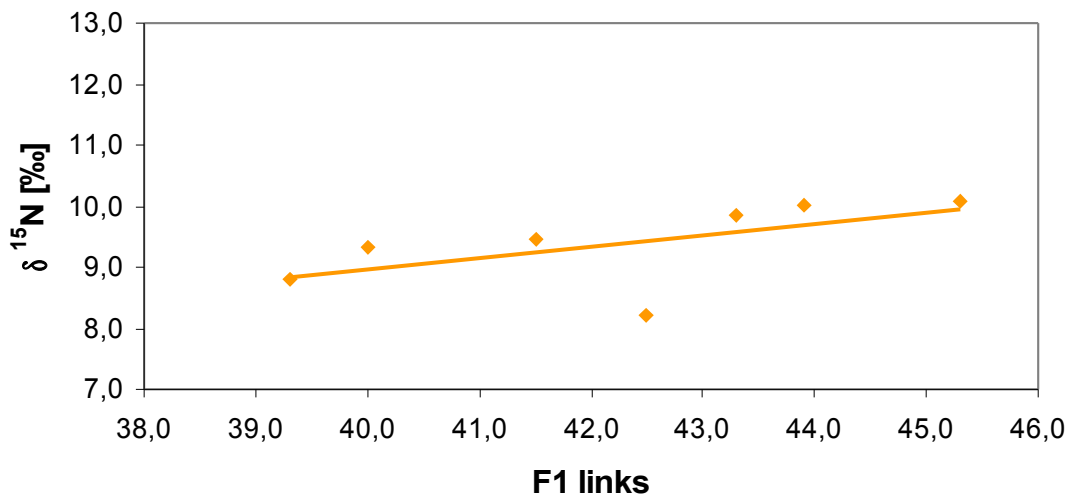


Abbildung 88:  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der weiblichen Individuen mit der größten Länge des Femurs (links)

### *Vergleich der Altersklassen*

Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des kindlichen Skelettmaterials, welches in die Altersklasse *Infans* I (n=9) eingeteilt werden kann, ergeben einen Median von  $10,73\text{‰} \pm 1,07$ ; die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von  $-20,34\text{‰} \pm 1,07$ . Den mit  $12,39\text{‰}$  maximalen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert zeigt ein Individuum im Alter von ca. einem halben Jahr (Pb 47), den mit  $8,85\text{‰}$  niedrigsten das älteste Individuum dieser Altersklasse (Pb 227e) mit einem Alter von vier bis sechs Jahren. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Skelettmaterials aus der Altersklasse *Infans* II (n=7) ergeben einen Median von  $9,32\text{‰} \pm 0,61$  und einen Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von  $-20,18\text{‰} \pm 0,26$ . Des Weiteren wurde das Material in die Gruppe „Juvenile und Jungerwachsene“ eingeteilt. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte dieser Altersgruppe (n=7) ergeben einen Median von  $8,48\text{‰} \pm 0,82$ ; die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte einen Median von  $-20,34\text{‰} \pm 0,34$ . Zudem konnte eine Alterklasse von Individuen, die älter als 50 Jahre sind, gebildet werden. Diese Gruppe (n=7) erreicht einen Median von  $9,32\text{‰} \pm 0,44$  für die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte und einen Median von  $-20,61\text{‰} \pm 0,11$  für die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte. Die restlichen Individuen wurden grob als „Erwachsene“ zusammengefasst (20-60a). Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte dieser Gruppe (n=26) ergeben einen Median von  $9,84\text{‰} \pm 1,07$ ; die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte einen Median von  $-20,51\text{‰} \pm 0,39$  (siehe Abbildung 89). Der Unterschied zwischen den Altersklassen ist laut Kruskal-Wallis-Test für die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte sehr signifikant ( $p=0,009^{**}$ ). Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Kollagens zeigen hingegen keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,25$ ).

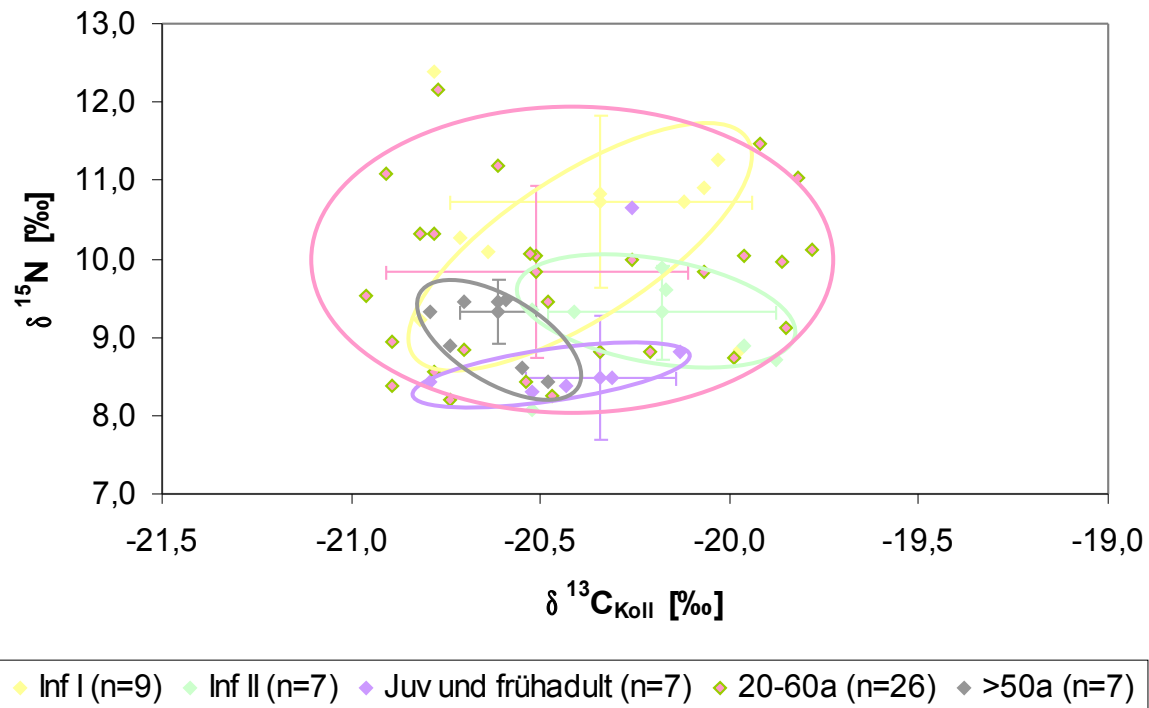


Abbildung 89:  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Proben menschlichen Kollagens nach Alter. Mit Median und Standardabweichung

Einige der kindlichen, jugendlichen und frühadulten Individuen konnten in differenziertere Altersklassen eingeteilt und das Alter mit  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten korreliert werden. Bei einer polynomischen Regression beträgt  $r = 0,8$  ( $r^2 = 0,669$ ), was für eine hohe Korrelation spricht. Dabei erreicht Pb 47 mit einem Alter von ca. 0,5 Jahren den maximalen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 12,39‰. Den kleinsten  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 8,07‰ zeigt das Individuum Pb 557 mit einem Alter von sechs bis acht Jahren. Betrachtet man die Mediane, fällt auf, dass die Altersabschnitte von sechs bis acht Jahren ( $n=3$ ) und 15 bis 20 Jahren ( $n=2$ ) mit 8,89‰ bzw. 8,37‰ die niedrigsten  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zeigen. Auch die Altersklassen von vier bis sechs und zwölf bis 15 Jahren zeigen niedrige Werte (8,85‰ bzw. 8,48‰), können allerdings nur ein Individuum vorweisen.

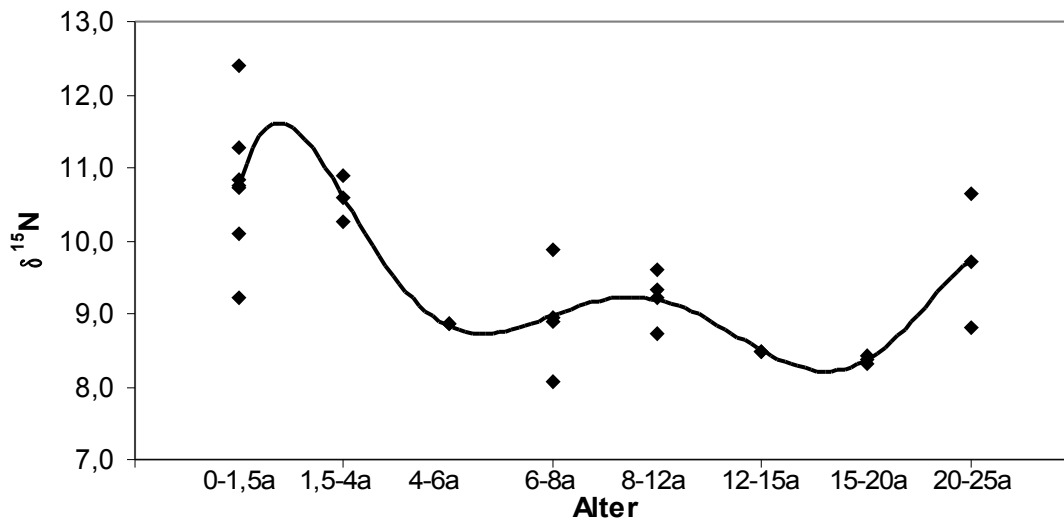


Abbildung 90:  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Proben menschlichen Kollagens nach Alter. Hierbei sind Kinder und Jugendliche bis frühadulte Individuen (max. 25a) gesondert betrachtet

### Vergleich der drei Friedhofsareale

Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Skelettmateriales des Westteils (n=16) ergeben einen Median von  $9,19\text{‰} \pm 1,05$  mit einem Maximalwert von  $12,15\text{‰}$  und einem Minimalwert von  $8,21\text{‰}$ . Der Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte dieser Individuen beträgt  $-20,70\text{‰} \pm 0,28$  (von  $-20,96\text{‰}$  bis  $-19,99\text{‰}$ ).

Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der fünf Individuen aus dem Nordostteil ergeben einen Median von  $9,45\text{‰} \pm 1,23$  mit einem Maximalwert von  $11,04\text{‰}$  und einem Minimalwert von  $8,39\text{‰}$ . Der Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte beträgt  $-20,43\text{‰} \pm 0,28$  (von  $-20,48\text{‰}$  bis  $-19,82\text{‰}$ ).

Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Individuen des Südostteils (n=16) ergeben einen Median von  $9,97\text{‰} \pm 0,93$  (von  $8,24\text{‰}$  bis  $11,46\text{‰}$ ). Der Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ergibt  $-20,37\text{‰} \pm 0,38$  mit einem

Maximalwert von -19,78‰ und einem Minimalwert von -20,89‰ (siehe Abbildung 91).

Laut Kruskal-Wallis-Test ist der Unterschied der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der drei Friedhofsareale signifikant ( $p=0,02^*$ ), der Unterschied der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte hingegen nicht signifikant ( $p=0,64$ ).

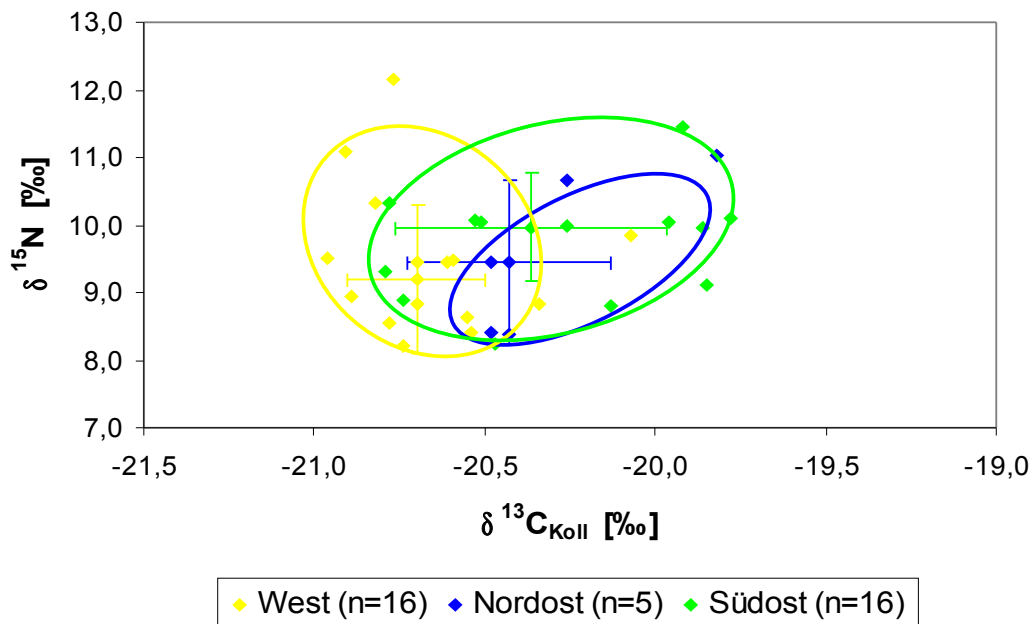


Abbildung 91:  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Proben menschlichen Kollagens (Alter > 20a) nach Friedhofsarealen. Mit Median und Standardabweichung

### Erstellung eines Nahrungsnetzes

Im Folgenden wurde versucht, die Ergebnisse der stabilen Isotopenanalyse nach ernährungsbedingten Merkmalen und systematischen Kriterien in verschiedene Gruppen einzuteilen und damit spezifischen Ernährungswerten zuzuordnen. Um Vergleichswerte zu erhalten, die ein sogenanntes „Nahrungsnetz“ repräsentieren, sollen deshalb zunächst typische Ernährungswerte und deren Auftreten in biologischen Systemen dargestellt werden:

Karnivore (farblich rot): Die Katze (*Felidae*) weist einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 9,17‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -20,52‰ auf.

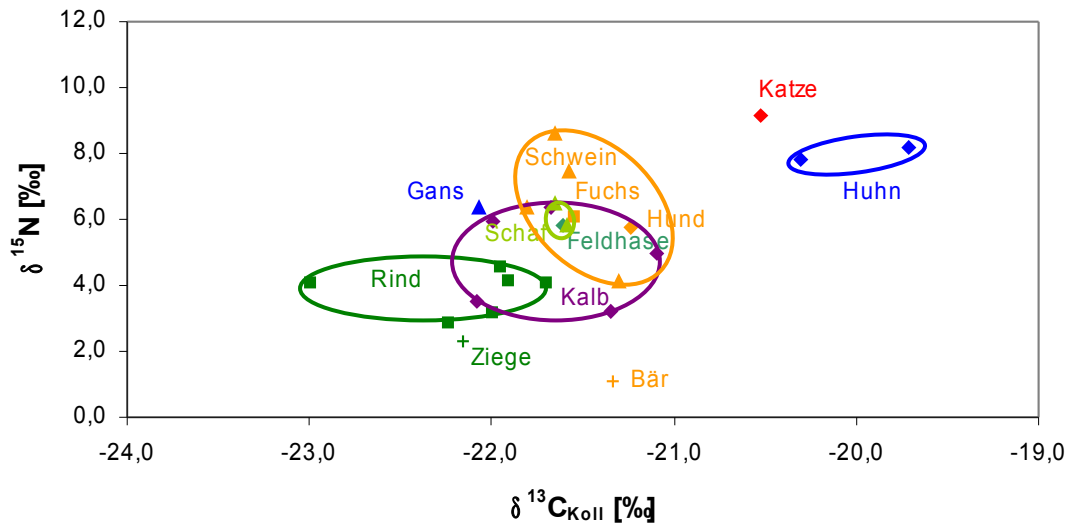
Omnivore (farblich orange): Das Knochenmaterial des Hundes (*Canidae*) zeigt einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 5,78‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -21,24‰. Der Fuchs (*Vulpes*) hat einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 6,07‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -21,54‰. Der Bären-Metatarsus (*Ursidae*) zeigt einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 1,07‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -21,34‰. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Schweine (*Sus scrofa domestica*) ergeben einen Median von 6,91‰  $\pm$  1,90‰, die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte einen Median von -21,62‰  $\pm$  0,21‰.

Herbivore (farblich grün): Der Feldhase (*Lepus europaeus*) hat einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 5,84‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -21,61‰. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Rinder (*Bos*) ergeben einen Median von 4,07‰  $\pm$  0,66‰, die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ergeben einen Median von -21,97‰  $\pm$  0,45‰. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Schafe (*Ovis*) ergeben einen Median von 6,14‰  $\pm$  0,47‰, die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ergeben einen Median von -21,62‰  $\pm$  0,04‰. Die Ziege (*Capra*) hat einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 2,28‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -22,16‰.

Vögel (farblich blau): Die Gans (*Anser anser*) zeigt einen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert von 6,35‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -22,07‰. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Hühner (*Gallus gallus domesticus*) ergeben einen Median von 7,99‰  $\pm$  0,25‰, die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ergeben einen Median von -20,01‰  $\pm$  0,42‰.

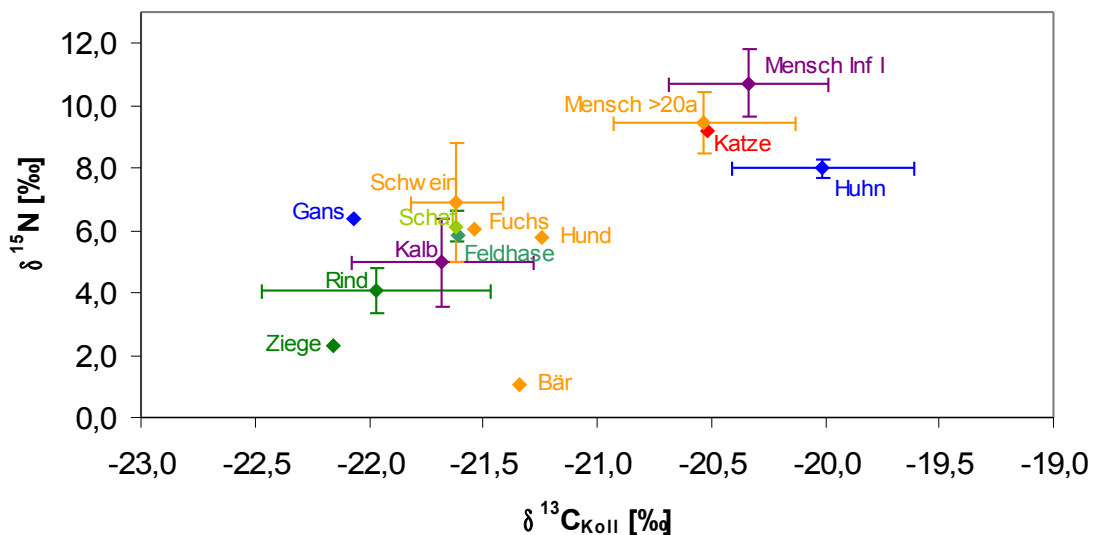
Junge Tiere (farblich lila): Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Kälber (*Bos*) ergeben einen Median von 4,96‰  $\pm$  1,39‰, die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ergeben einen Median von -21,68‰  $\pm$  0,42‰ (siehe Abbildung 92).

In Abbildung 93 sind darüber hinaus erwachsene Menschen (>20 Jahre) und Kinder der Altersklasse *Infans* I eingetragen.



**Abbildung 92: Einzelwerte der aus Kollagen gewonnenen  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte verschiedener Tierspezies vom Petersberg**

In diese „Nahrungsnetze“ können nun die Beobachtungen der Bestattungen eingebunden werden. Die Werte für die untersuchte Bevölkerungsgruppe (Infans und Adulte getrennt) liegen deutlich oberhalb der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Tierspezies (Abbildung 93); die Werte der Katzen kommen denen der menschlichen Bestattungen am nächsten.



**Abbildung 93: Mediane (mit Standardabweichung) oder Einzelwerte der aus Kollagen gewonnenen  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte aller untersuchten Spezies vom Petersberg**



## 5.5) Isotopenuntersuchungen in Karbonatextrakten

Neben der Untersuchung des extrahierten Knochenkollagens auf die Zusammensetzung der stabilen  $\delta^{15}\text{N}$  und  $\delta^{13}\text{C}$  Isotope wurden die stabilen Isotope auch an Knochenkarbonat analysiert. Hierzu wurde an 68 menschlichen Knochenproben und 24 Tierknochenproben eine Karbonatextraktion durchgeführt, wobei Proben ausgewählt wurden, an denen bereits eine Kollagenextraktion vorgenommen worden war, um die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Karbonats mit denen des Kollagens vergleichen zu können (siehe Tabelle 26 und 27).

### 5.5.1) Karbonatausbeute an menschlichen und tierischen Knochen

Der Mittelwert des prozentualen Anteils anorganischer, struktureller Elemente im menschlichen Knochen (n=68) beträgt  $63,30\% \pm 5,77$  (siehe Tabelle 26). Der Median liegt bei 63,30%, der Maximalwert bei 80,30% (Pb 777) und der Minimalwert bei 42,57% (Pb 820).

**Tabelle 26: Karbonatausbeute der menschlichen Knochen (n=68). Der Ertrag an anorganischen, strukturellen Elementen ist in mg, die Konzentration in Gewichtsprozent der Einwaage angegeben.**

Erhoben wurden der Mittelwert mit Standardabweichung und der Median

Befund-Nr.	Einwaage (mg)	Ertrag (mg)	% der Einwaage	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Karb}}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{KA-KO}}$
47	98,79	64,04	64,82	-13,41	-3,81	7,37
67	100,52	63,07	63,84	-14,40	-7,16	6,12
68	100,38	62,74	63,51	-14,08	-8,35	
69	97,41	63,29	64,07	-13,28	-5,24	6,98
71	98,75	61,38	62,13	-13,50	-7,07	6,46
72	99,83	58,72	59,44	-13,44	-7,17	6,42
227d	95,31	54,95	55,62	-11,88	-5,28	8,53
227e	99,46	70,26	71,12	-11,56	-13,35	8,41

Befund-Nr.	Einwaage (mg)	Ertrag (mg)	% der Einwaage	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Karb}}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{KA-KO}}$
227i	95,96	69,59	70,44	-11,30	-5,17	9,22
228	102,46	63,45	64,23	-12,86	-11,14	8,03
262	99,01	67,24	68,06	-12,92	-5,68	7,85
264	99,43	61,37	62,12	-12,48	-7,11	
287	100,92	61,22	61,97	-14,61	-8,06	
289	99,30	57,43	58,13	-14,07	-7,73	6,48
319	101,28	62,69	63,46	-14,60	-8,41	5,52
322	100,35	55,77	56,45	-14,80	-7,48	5,68
365	108,81	67,82	68,65	-13,32	-7,45	7,11
404a	97,30	64,05	64,83	-13,81	-7,43	6,36
444	98,41	61,28	62,03	-13,97	-7,63	5,85
498	101,84	56,29	56,98	-14,14	-8,75	6,64
499	99,20	62,85	63,62	-13,87	-7,53	
527	99,53	65,26	66,06	-14,58	-12,42	5,20
539	98,07	65,25	66,05	-14,14	-8,59	6,33
557	103,70	68,71	69,55	-13,88	-7,68	6,64
566	103,90	66,46	67,27	-14,69	-6,77	5,82
577	102,63	60,23	60,97	-13,27	-15,14	7,52
593k	103,78	67,73	68,56	-13,99	-7,30	5,97
594	98,31	59,71	60,44	-14,12	-6,44	6,59
595	99,28	64,44	65,23	-14,20	-8,74	5,87
596	98,44	53,27	53,92	-13,66	-7,73	7,04
631	100,53	65,43	66,23	-14,93	-8,35	5,55
635	102,35	58,97	59,69	-12,71	-7,43	7,63

Befund-Nr.	Einwaage (mg)	Ertrag (mg)	% der Einwaage	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Karb}}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{KA-KO}}$
636	104,72	62,53	63,30	-12,58	-7,80	7,30
637	94,88	53,28	53,93	-12,02	-5,42	8,89
638	103,17	59,97	60,70	-14,44	-8,08	6,10
639	99,49	66,69	67,51	-12,52	-8,03	8,12
642	99,23	61,11	61,86	-13,88	-8,51	6,73
644	101,98	60,91	61,66	-13,52	-8,00	6,55
649	96,34	57,56	58,27	-10,82	-12,79	
659	107,04	51,01	51,63	-14,63	-8,66	6,16
700	103,46	59,63	60,36	-15,00	-7,90	5,03
701	100,24	70,19	71,05	-13,06	-8,64	7,72
702	100,22	60,93	61,68	-13,76	-8,16	6,98
710	102,12	53,19	53,84	-14,97	-8,12	
732	99,73	59,46	60,19	-13,63	-12,49	6,71
733	104,37	65,60	66,40	-13,85	-7,36	6,28
735	98,98	60,15	60,89	-14,64	-7,58	5,57
740	100,31	67,41	68,24	-12,39	-5,13	8,57
742	103,33	69,18	70,03	-12,52	-5,35	8,30
744	102,64	63,84	64,62	-15,28	-9,91	5,31
776	98,53	72,01	72,89	-14,00	-7,41	
777	103,44	79,33	80,30	-13,50	-8,31	
780	98,80	66,33	67,14	-14,12	-7,72	6,19
818	98,85	65,61	66,41	-15,62	-6,96	5,20
820	94,88	42,05	42,57	-14,38	-4,93	
830	102,09	71,60	72,48	-13,18	-7,74	7,00

Befund-Nr.	Einwaage (mg)	Ertrag (mg)	% der Einwaage	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Karb}}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{KA-KO}}$
831	105,16	62,33	63,09	-13,80	-10,19	
832	104,78	60,88	61,63	-14,82	-11,84	5,92
833	100,93	58,97	59,69	-14,26	-6,55	5,66
834	99,74	59,37	60,10	-14,43	-7,94	6,10
842	99,38	60,57	61,31	-13,11	-4,79	7,78
843	97,41	66,42	67,23	-13,06	-5,38	7,55
844	97,62	62,47	63,24	-15,35	-7,83	
900	101,53	60,99	61,74	-14,23	-8,01	5,76
936	102,66	71,03	71,90	-13,17	-7,44	
938	96,06	67,90	68,73	-12,93	-5,25	7,77
1031	100,11	58,18	58,89	-14,91	-7,46	4,94
1101	99,66	58,42	59,14	-8,75	-16,59	11,51
<b>Mittelwert</b>	<b>100,43</b>	<b>62,53</b>	<b>63,30</b>	<b>-13,64</b>	<b>-8,00</b>	<b>6,80</b>
<b>Stabw</b>	<b>2,79</b>	<b>5,70</b>	<b>5,77</b>	<b>1,15</b>	<b>2,34</b>	<b>1,23</b>
<b>Median</b>	<b>99,97</b>	<b>62,50</b>	<b>63,27</b>	<b>-13,86</b>	<b>-7,72</b>	<b>6,57</b>

Bei den Tierknochen liegt der Mittelwert der prozentualen anorganischen, strukturellen Element-Ausbeute bei  $62,68\% \pm 9,94$  (siehe Tabelle 27), der Median liegt bei  $65,10\%$ . Der Maximalwert beträgt  $75,48\%$  (Pb 269, Schwein), der Minimalwert  $28,45\%$  (Pb 257, Feldhase).

Tabelle 27: Karbonatausbeute der Tierknochen (n=24). Der Ertrag an anorganischen, strukturellen Elementen ist in mg, die Konzentration in Gewichtsprozent der Einwaage angegeben. Erhoben wurden der Mittelwert mit Standardabweichung und der Median

Befund-Nr.	Spezies	Skelettelement	Einwaage (mg)	Ertrag (mg)	% der Einwaage	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Karb}}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{KA-KO}}$
208	Katze	Femur	104,17	64,40	61,82	-12,32	-6,23	8,20
250	Hund	Rippe	105,50	60,96	57,78	-15,05	-9,61	6,19
330	Fuchs	Humerus	97,69	45,32	46,39	-13,50	-8,21	8,04
84	Bär	Metatarsus	95,80	65,99	68,88	-13,32	-6,48	8,02
400	Feldhase	Tibia	100,63	58,18	57,82	-14,85	-9,01	6,76
257	Feldhase	Tibia	100,91	28,69	28,43	-13,25	-7,47	7,77
387	Rind	Tibia	103,53	72,42	69,95	-14,23	-9,28	7,72
268	Rind	Phalanx	97,69	68,20	69,81	-11,68	-6,03	10,42
269	Rind	Phalanx	108,44	69,29	63,90	-11,98	-6,13	9,92
268	Rind	Rippe	96,82	64,19	66,30	-12,07	-6,49	9,25
64	Rind	Femur	99,63	61,73	61,96	-10,71	$\frac{-13,4}{6}$	11,20
322	Rind	Rippe	105,37	72,59	68,89	-12,47	-5,88	8,44
268	Schaf	Radius li.	102,98	76,42	74,21	-13,36	-7,12	8,29
206	Schaf	Axis juv.	104,34	61,79	59,22	-13,52	-5,56	8,07
269	Schwein	Cranium	98,76	69,17	70,04	-13,67	$\frac{-15,2}{3}$	7,91
206	Schwein	Mandibula	100,35	66,56	66,33	-13,57	-6,35	8,24
206	Schwein	Fibula	103,40	60,74	58,74	-14,31	-6,09	6,98
64	Schwein	Mandibula	98,47	66,82	67,86	-10,26	-4,83	11,39
269	Schwein	Phalanx juv.	108,27	81,72	75,48	-12,63	-9,33	8,67
269	Huhn	Ulna	101,09	67,19	66,47	-13,90	-7,76	

Befund-Nr.	Spezies	Skelettelement	Einwaage (mg)	Ertrag (mg)	% der Einwaage	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Karb}}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{KA-KO}}$
387	Huhn	Pelvis	100,06	61,67	61,63	-13,44	-8,66	6,87
268	Huhn	Tibiotarsus	98,03	50,77	51,79	-12,63	-5,90	7,08
268	Ziege	Calcaneus	99,20	68,33	68,88	-12,54	-5,41	9,62
206	Ziege	Tibia	100,63	62,14	61,75	-12,72	-4,90	8,67
<b>Mittelwert</b>			<b>101,32</b>	<b>63,55</b>	<b>62,68</b>	<b>-13,00</b>	<b>-7,56</b>	<b>8,42</b>
<b>Stabw</b>			<b>3,46</b>	<b>10,57</b>	<b>9,94</b>	<b>1,16</b>	<b>2,54</b>	<b>1,36</b>
<b>Median</b>			<b>100,63</b>	<b>65,20</b>	<b>65,10</b>	<b>-13,29</b>	<b>-6,49</b>	<b>8,20</b>

### 5.5.2) Stabile Isotope im Knochenkarbonat

#### $\delta^{13}\text{C}$ , $\Delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte

Der Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte aller menschlicher Petersberger Karbonatproben (n=68) liegt bei  $-13,86\text{‰} \pm 1,15$ . Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte ergeben einen Median von  $-7,72\text{‰} \pm 2,34$ . Errechnet man den  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert (die Differenz aus den  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten des Karbonats und des Kollagens), kommt man auf einen Median von  $6,57\text{‰} \pm 1,23$  (siehe Tabelle 26). Für die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ergibt sich bei erwachsenen Individuen ein Median von  $-13,87\text{‰} \pm 1,10$ ; bei Kindern und Jugendlichen (<20a) ein Median von  $-13,72\text{‰} \pm 1,27$ . Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte ergeben Mediane von  $-7,68\text{‰} \pm 2,09$  bei adulten Individuen und  $-7,73\text{‰} \pm 2,89$  bei Individuen, die jünger als 20 Jahre sind. Die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte erwachsener Individuen ergeben einen Median von  $6,48\text{‰} \pm 1,28$ , die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte von Kindern und Jugendlichen (<20a) einen Median von  $6,64\text{‰} \pm 1,16$ .

**Tabelle 28: Sauerstoff PDB und V-SMOW-Werte des menschlichen Knochenkarbonats (n=68) und Umrechnung in V-SMOW-Werte des lokal konsumierten Wassers. Erhoben wurden der Mittelwert mit Standardabweichung und der Median**

<b>Befund-Nr.</b>	<b><math>\delta^{18}\text{O}</math> (PDB)</b>	<b><math>\delta^{18}\text{O}</math> (V-SMOW)</b>	<b><math>\delta^{18}\text{O}</math> Wasser (V-SMOW)</b>
47	-3,81	26,91	-6,74
67	-7,16	23,43	-10,22
68	-8,35	22,20	-11,45
69	-5,24	25,42	-8,22
71	-7,07	23,53	-10,12
72	-7,17	23,42	-10,23
227d	-5,28	25,38	-8,26
227e	-13,35	17,01	-16,65
227i	-5,17	25,50	-8,15
228	-11,14	19,30	-14,35
262	-5,68	24,97	-8,68
264	-7,11	23,48	-10,17
287	-8,06	22,50	-11,15
289	-7,73	22,84	-10,81
319	-8,41	22,13	-11,52
322	-7,48	23,10	-10,55
365	-7,45	23,13	-10,52
404a	-7,43	23,15	-10,50
444	-7,63	22,95	-10,70
498	-8,75	21,78	-11,87
499	-7,53	23,05	-10,60
527	-12,42	17,98	-15,68

<b>Befund-Nr.</b>	<b><math>\delta^{18}\text{O}</math> (PDB)</b>	<b><math>\delta^{18}\text{O}</math> (V-SMOW)</b>	<b><math>\delta^{18}\text{O}</math> Wasser (V-SMOW)</b>
539	-8,59	21,95	-11,71
557	-7,68	22,90	-10,75
566	-6,77	23,84	-9,81
577	-15,14	15,16	-18,51
593k	-7,30	23,29	-10,36
594	-6,44	24,18	-9,47
595	-8,74	21,79	-11,86
596	-7,73	22,84	-10,81
631	-8,35	22,20	-11,46
635	-7,43	23,15	-10,50
636	-7,80	22,77	-10,88
637	-5,42	25,24	-8,41
638	-8,08	22,48	-11,17
639	-8,03	22,53	-11,12
642	-8,51	22,03	-11,62
644	-8,00	22,56	-11,09
649	-12,79	17,59	-16,07
659	-8,66	21,87	-11,78
700	-7,90	22,67	-10,99
701	-8,64	21,90	-11,76
702	-8,16	22,40	-11,26
710	-8,12	22,44	-11,22
732	-12,49	17,90	-15,76
733	-7,36	23,23	-10,42



Befund-Nr.	$\delta^{18}\text{O}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (V-SMOW)	$\delta^{18}\text{O}$ Wasser (V-SMOW)
735	-7,58	23,00	-10,65
740	-5,13	25,54	-8,11
742	-5,35	25,31	-8,34
744	-9,91	20,58	-13,08
776	-7,41	23,17	-10,48
777	-8,31	22,24	-11,41
780	-7,72	22,85	-10,80
818	-6,96	23,64	-10,01
820	-4,93	25,75	-7,90
830	-7,74	22,83	-10,82
831	-10,19	20,29	-13,36
832	-11,84	18,58	-15,08
833	-6,55	24,07	-9,58
834	-7,94	22,62	-11,03
842	-4,79	25,89	-7,75
843	-5,38	25,28	-8,37
844	-7,83	22,74	-10,91
900	-8,01	22,55	-11,10
936	-7,44	23,14	-10,51
938	-5,25	25,41	-8,23
1031	-7,46	23,12	-10,53
1101	-16,59	13,66	-20,01
<b>Mittelwert</b>	<b>-8,00</b>	<b>22,56</b>	<b>-11,09</b>
<b>Stabw</b>	<b>2,34</b>	<b>2,43</b>	<b>2,44</b>
<b>Median</b>	<b>-7,72</b>	<b>22,85</b>	<b>-10,80</b>

Aus den  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werten konnten die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte errechnet werden. Aus diesen ergibt sich für die kompletten Petersberger Menschenproben ein Median von  $22,85\text{‰} \pm 2,43$ .

Rechnet man die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte in das lokale, von den Menschen aufgenommene Wasser um, ergibt sich ein Median von  $-10,80\text{‰} \pm 2,44$ . Im Folgenden werden die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des Knochenkarbonats nicht extra dargestellt, da sie nur zur Umrechnung in die Daten des konsumierten Wasser dienen.

**Tabelle 29: Sauerstoff PDB und V-SMOV-Werte des Tierknochenkarbonats (n=24) samt Umrechnung in V-SMOV-Werte des lokal konsumierten Wassers. Erhoben wurden der Mittelwert mit Standardabweichung und der Median**

Befund-Nr.	Spezies	Skelettelement	$\delta^{18}\text{O}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (V-SMOW)	$\delta^{18}\text{O}$ Wasser (V-SMOW)
208	Katze	Femur	-6,23	24,40	-9,25
250	Hund	Rippe	-9,61	20,89	-12,76
330	Fuchs	Humerus	-8,21	22,34	-11,31
84	Bär	Metatarsus	-6,48	24,14	-9,51
400	Feldhase	Tibia	-9,01	21,51	-12,14
257	Feldhase	Tibia	-7,47	23,11	-10,54
387	Rind	Tibia	-9,28	21,23	-12,42
268	Rind	Phalanx	-6,03	24,61	-9,04
269	Rind	Phalanx	-6,13	24,50	-9,15
268	Rind	Rippe	-6,49	24,13	-9,52
64	Rind	Femur	-13,46	16,90	-16,77
322	Rind	Rippe	-5,88	24,76	-8,89
268	Schaf	Radius li.	-7,12	23,47	-10,18
206	Schaf	Axis juv.	-5,56	25,09	-8,55
269	Schwein	Cranium	-15,23	15,06	-18,60

Befund-Nr.	Spezies	Skelettelement	$\delta^{18}\text{O}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (V-SMOW)	$\delta^{18}\text{O}$ Wasser (V-SMOW)
206	Schwein	Mandibula	-6,35	24,27	-9,38
206	Schwein	Fibula	-6,09	24,54	-9,11
64	Schwein	Mandibula	-4,83	25,85	-7,80
269	Schwein	Phalanx juv.	-9,33	21,18	-12,47
269	Huhn	Ulna	-7,76	22,81	-10,84
387	Huhn	Pelvis	-8,66	21,88	-11,78
268	Huhn	Tibiotarsus	-5,90	24,74	-8,91
268	Ziege	Calcaneus	-5,41	25,25	-8,40
206	Ziege	Tibia	-4,90	25,78	-7,87
<b>Mittelwert</b>			<b>-7,56</b>	<b>23,02</b>	<b>-10,63</b>
<b>Stabw</b>			<b>2,54</b>	<b>2,64</b>	<b>2,64</b>
<b>Median</b>			<b>-6,49</b>	<b>24,13</b>	<b>-9,52</b>

Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der gesamten Tierproben ergeben einen Median von  $-6,49\text{‰} \pm 2,54$ . Daraus können die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers errechnet werden, sie ergeben einen Median von  $-9,52\text{‰} \pm 2,64$ .

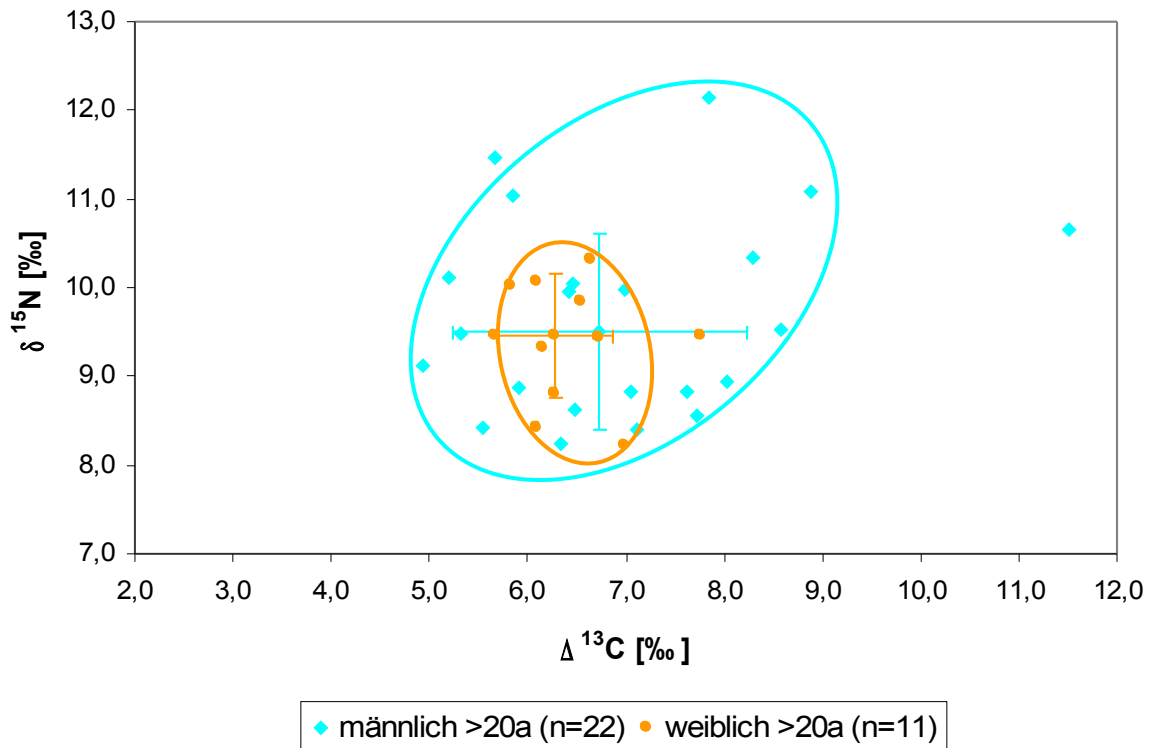
Als Referenz wurden zudem im Mai 2006 Wasserproben vor Ort genommen und parallel zu den menschlichen und tierischen Knochen untersucht. Der Probenentnahme dienten Quellen bzw. kleine Gebirgsbäche entlang des Wanderweges über den Petersberg (Gipfelplateau 847m ü. NN) auf die hohe Asten (1106m ü. NN). Hierbei zeigte sich erwartungsgemäß eine typische „Höhenzonierung“ der Werte mit den stärksten Differenzen zwischen der Bergregion (1106m) und der Talzone (479m).

Tabelle 30: gemessene  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des Wassers vor Ort

Probenentnahme	$\delta^{18}\text{O}$ Wasser (V-SMOW)	Höhenmeter (über NN)
hohe Asten	-11,55	1106m
Gipfelplateau Petersberg	-11,24	847m
Fuß des Petersberges	-10,46	circa 479m (Flintsbach am Inn)
Inn	-13,91	circa 2500m (Quelle) bis 290m (Mündung)

### Vergleich nach Geschlecht

Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der männlichen Individuen ergeben einen Median von  $-13,80\text{‰} \pm 1,28$ . Der Maximalwert liegt bei  $-8,75\text{‰}$  (Pb 1101), der Minimalwert bei  $-15,35\text{‰}$  (Pb 844). Bei den weiblichen Individuen liegt der Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte bei  $-14,00\text{‰} \pm 0,58$ ; der Maximalwert liegt bei  $-12,93\text{‰}$  (Pb 938), der Minimalwert bei  $-14,80\text{‰}$  (Pb 322). Errechnet man den  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert, kommt man bei den männlichen Individuen auf einen Median von  $6,73\text{‰} \pm 1,53$  mit einem Maximalwert von  $11,51\text{‰}$  (Pb 1101) und einem Minimalwert von  $4,94\text{‰}$  (Pb 1031). Bei den Frauen ergibt sich ein Median von  $6,28\text{‰} \pm 0,59$  mit einem Maximalwert von  $7,77\text{‰}$  (Pb 938) und einem Minimalwert von  $5,68$  (Pb 322). Die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte der männlichen und weiblichen Individuen sind mit den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten des Kollagens in Abbildung 94 dargestellt. Laut Mann-Whitney-Test gibt es keinen signifikanten Unterschied der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ( $p=0,34$ ) und  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte ( $p=0,39$ ) des Karbonats in Bezug auf das Geschlecht.



**Abbildung 94:  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Proben menschlichen Kollagens, männliche und weibliche adulte Individuen. Mit Median und Standardabweichung**

Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der Proben der Männer (n=31) ergeben einen Median von  $-7,73\text{‰} \pm 2,43$ ; bei den Frauen (n=13) liegt der Median bei  $-7,94\text{‰} \pm 0,93$ . Der Maximalwert der Männer liegt bei  $-4,93\text{‰}$  (Pb 820), der Minimalwert bei  $-16,59\text{‰}$  (Pb 1101). Bei den weiblichen Individuen liegt der Maximalwert bei  $-5,25\text{‰}$  (Pb 938), der minimale bei  $-8,75\text{‰}$  (Pb 498).

Die umgerechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte, die das konsumierte Wasser anzeigen, ergeben bei den Petersberger Männern einen Median von  $-10,81\text{‰} \pm 2,53$ , der Median der Frauen beträgt hier  $-11,03\text{‰} \pm 0,97$ . Die Maximal- und Minimalwerte treten (erwartungsgemäß) bei denselben Individuen auf, die schon bei den  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werten des Knochenkarbonats die höchsten Werte aufwiesen. Die Abbildungen 95 und 96 zeigen die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte des Knochenkarbonats männlicher und weiblicher Petersberger Individuen und die errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte ihres konsumierten Wassers. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten (Mann-Whitney-Test;  $p=0,99$ ) der Geschlechter.

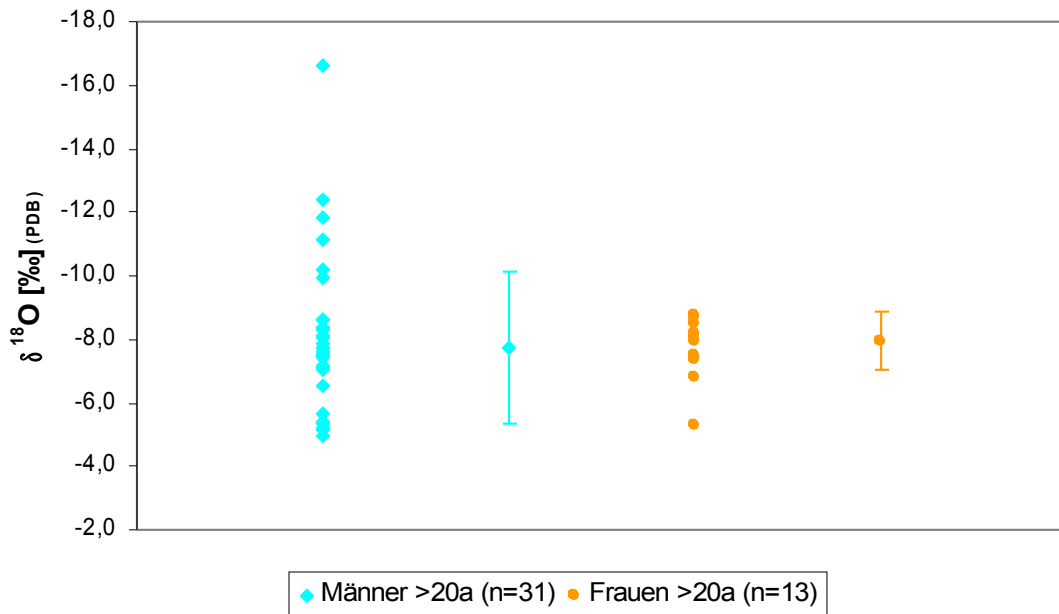


Abbildung 95:  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte von Proben menschlichen Karbonats, männliche und weibliche adulte Individuen

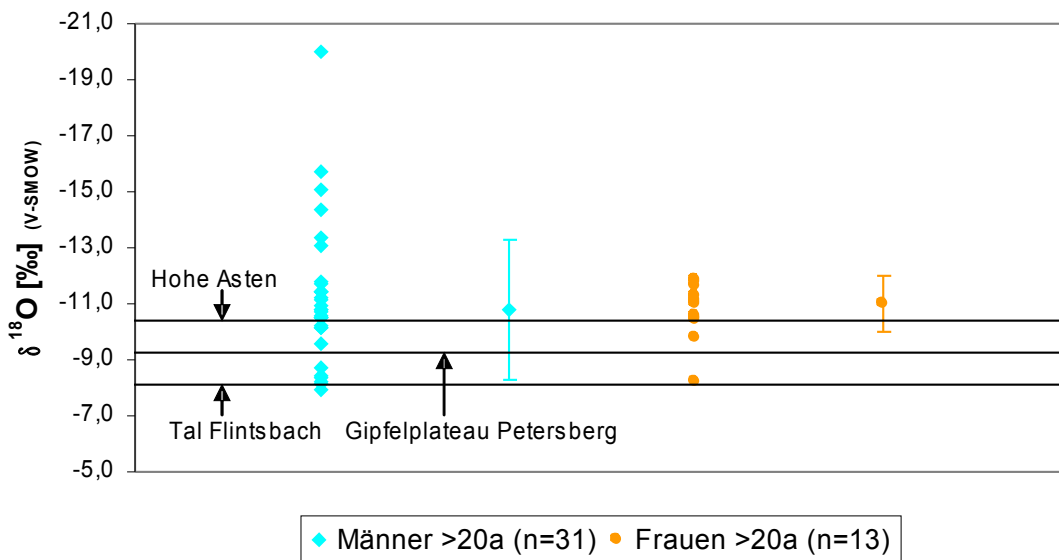


Abbildung 96:  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers, männliche und weibliche adulte Individuen mit OIPC- Daten für geografisch definierte Höhenmeter

*Vergleich der Altersklassen*

Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Altersklasse *Infans I* (n=10) ergeben einen Median von  $-13,88\text{‰} \pm 1,52$ . Der Maximalwert liegt bei  $-10,82\text{‰}$  (Pb 649), der Minimalwert bei  $-15,62\text{‰}$  (Pb 818). Der errechnete  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert ergibt einen Median von  $6,59\text{‰} \pm 1,24$  (n=9). Hier liegt der Maximalwert bei  $8,41\text{‰}$  (Pb 227e, vier bis sechs Jahre), der Minimalwert bei  $5,03\text{‰}$  (Pb 700, neonat bis 0,083 Jahre). In der Altersklasse der *Infans II* (n=7) liegt der Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte bei  $-13,18\text{‰} \pm 1,06$ ; der Maximalwert beträgt  $-11,30\text{‰}$  (Pb 227i), der Minimalwert  $-13,99\text{‰}$  (Pb 593k). Der errechnete  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert-Median ergibt hier  $7,00\text{‰} \pm 1,18$  mit einem Maximalwert von  $9,22\text{‰}$  (Pb 227i, fünf bis zwölf Jahre) und einem Minimalwert von  $5,97\text{‰}$  (Pb 593k, sechs bis sieben Jahre). Die Altersklasse der Juvenilen und Jungerwachsenen (n=10) zeigt für die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte einen Median von  $-13,82\text{‰} \pm 1,65$ ; der Maximalwert beträgt  $-8,75\text{‰}$  (Pb 1101) und der Minimalwert  $-14,40\text{‰}$  (Pb 67). Der errechnete Median der  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte ergibt hier  $7,11\text{‰} \pm 1,89$ . Der Maximalwert beträgt  $11,51\text{‰}$  (Pb 1101, 21 bis 24 Jahre), der Minimalwert  $6,12\text{‰}$  (Pb 67, 15 bis 18 Jahre).

Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von Individuen, die als älter als 50 Jahre identifiziert werden konnten (n=9), ergeben einen Median von  $-14,38\text{‰} \pm 0,80$ . Der Maximalwert beträgt hier  $-12,93\text{‰}$  (Pb 938), der Minimalwert  $-15,28\text{‰}$  (Pb 744). Errechnet man die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte, ergibt sich ein Median von  $6,16\text{‰} \pm 0,83$  mit einem Maximalwert von  $7,77\text{‰}$  (Pb 938, 65 bis 70 Jahre) und einem Minimalwert von  $5,55\text{‰}$  (Pb 631, 50 bis 70 Jahre). Die erwachsenen Individuen (20 bis 60 Jahre) zeigen einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert-Median von  $-13,76\text{‰} \pm 0,86$  (n=33), der Maximalwert liegt bei  $-12,02\text{‰}$  (Pb 637), der Minimalwert bei  $-15,35\text{‰}$  (Pb 844). Die errechneten  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte ergeben einen Median von  $6,55\text{‰} \pm 1,08$  (n=26). Hier zeigt der Maximalwert einen Wert von  $8,89\text{‰}$  (Pb 637), der Minimalwert einen Wert von  $4,94\text{‰}$  (Pb 1031). Laut Kruskal-Wallis-Test besteht kein signifikanter Unterschied für die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte (p=0,15) und die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte (p=0,41) des Karbonats.

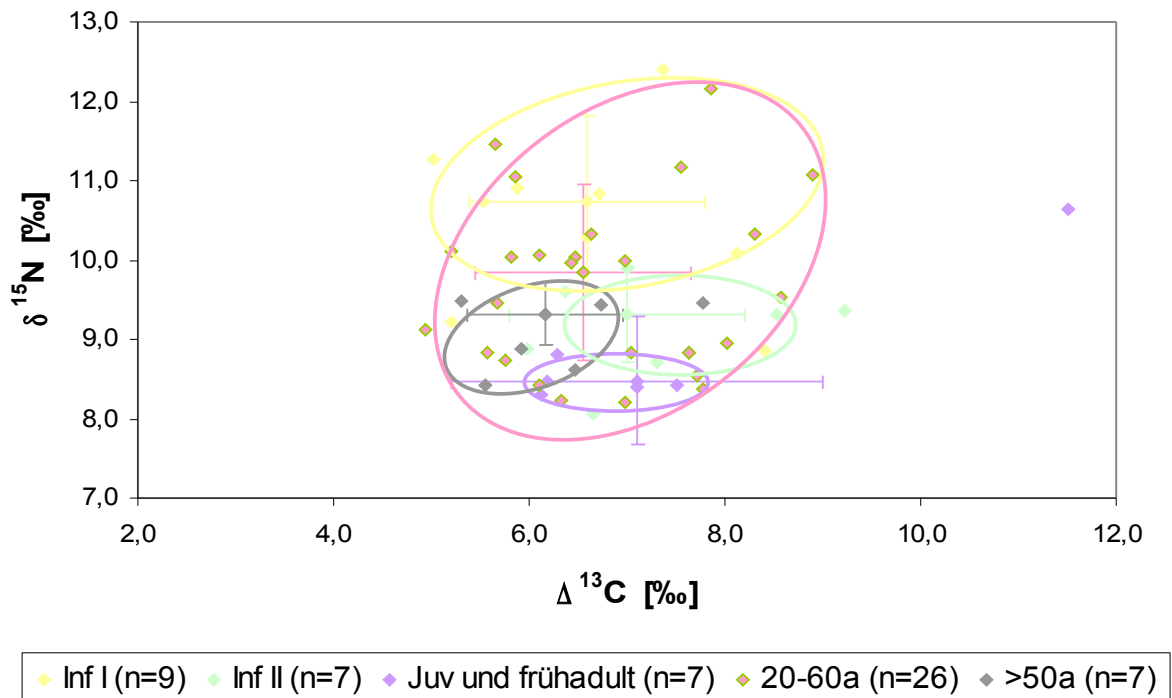


Abbildung 97:  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Proben menschlichen Kollagens nach Alter. Mit Median und Standardabweichung

Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der auf dem Petersberg beerdigten Individuen der Altersklasse *Infans I* (n=10) zeigen einen Median von  $-8,22\text{‰} \pm 3,08$ . Der Maximalwert liegt bei  $-3,81\text{‰}$  (Pb 47), der Minimalwert bei  $-13,35\text{‰}$  (Pb 227e). Der Median der errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers beträgt  $-11,32\text{‰} \pm 3,20$ ; den Maximal- bzw. Minimalwert weisen hier dieselben Individuen auf wie schon bei den  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werten. Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der Altersklasse *Infans II* (n=7) ergeben einen Median von  $-7,43\text{‰} \pm 1,17$ . Der Maximalwert liegt bei  $-5,17\text{‰}$  (Pb 227i), der Minimalwert bei  $-7,80$  (Pb 636). Der errechnete  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwert beträgt  $-10,50\text{‰} \pm 1,21$ ; wieder sind es dieselben Individuen mit Maximal- und Minimalwerten. Der Median der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der juvenilen bzw. frühadulten Individuen (n=10) beträgt  $-7,63\text{‰} \pm 3,49$ . Der Maximalwert liegt bei  $-7,16\text{‰}$  (Pb 67), der Minimalwert bei  $-16,59\text{‰}$  (Pb 1101). Der Median der errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers beträgt  $-10,70\text{‰} \pm 3,62$ .



Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der auf dem Petersberg beerdigten Individuen mit einem Alter von 20 bis 60 Jahren ( $n=33$ ) zeigen einen Median von  $-7,58\text{‰} \pm 1,59$ . Der Maximalwert beträgt  $-4,79\text{‰}$  (Pb 842), der Minimalwert  $-12,42\text{‰}$  (Pb 527). Der Median der errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte beträgt  $-10,65\text{‰} \pm 1,66$ .

Der Median der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der Individuen, die älter als 50 Jahre ( $n=9$ ) sind, beträgt  $-8,35\text{‰} \pm 2,14$ . Der Maximalwert liegt bei  $-4,93\text{‰}$  (Pb 820), der Minimalwert bei  $-11,84\text{‰}$  (Pb 832). Der Median der errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers beträgt  $-11,46\text{‰} \pm 2,22$ . Die Abbildungen 98 und 99 zeigen die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte des Knochenkarbonats der Petersberger Individuen verschiedener Altersklassen und die errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte ihres konsumierten Wassers. Es sind keine signifikanten Unterschiede der  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der Altersklassen zu erkennen (Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,23$ ).

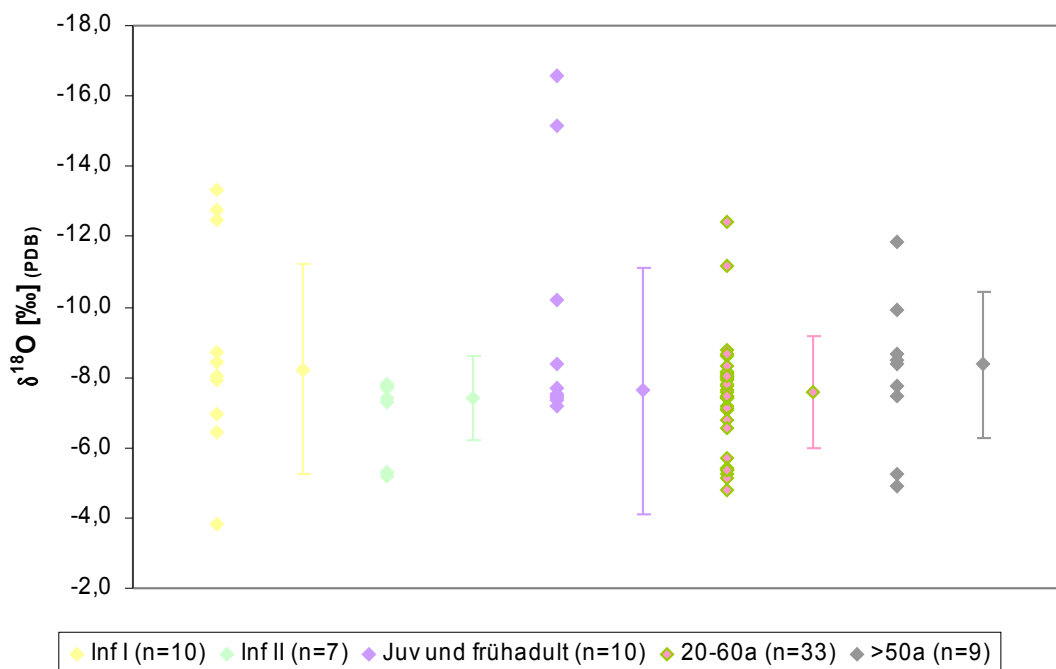


Abbildung 98:  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte von Proben menschlichen Karbonats nach Alter

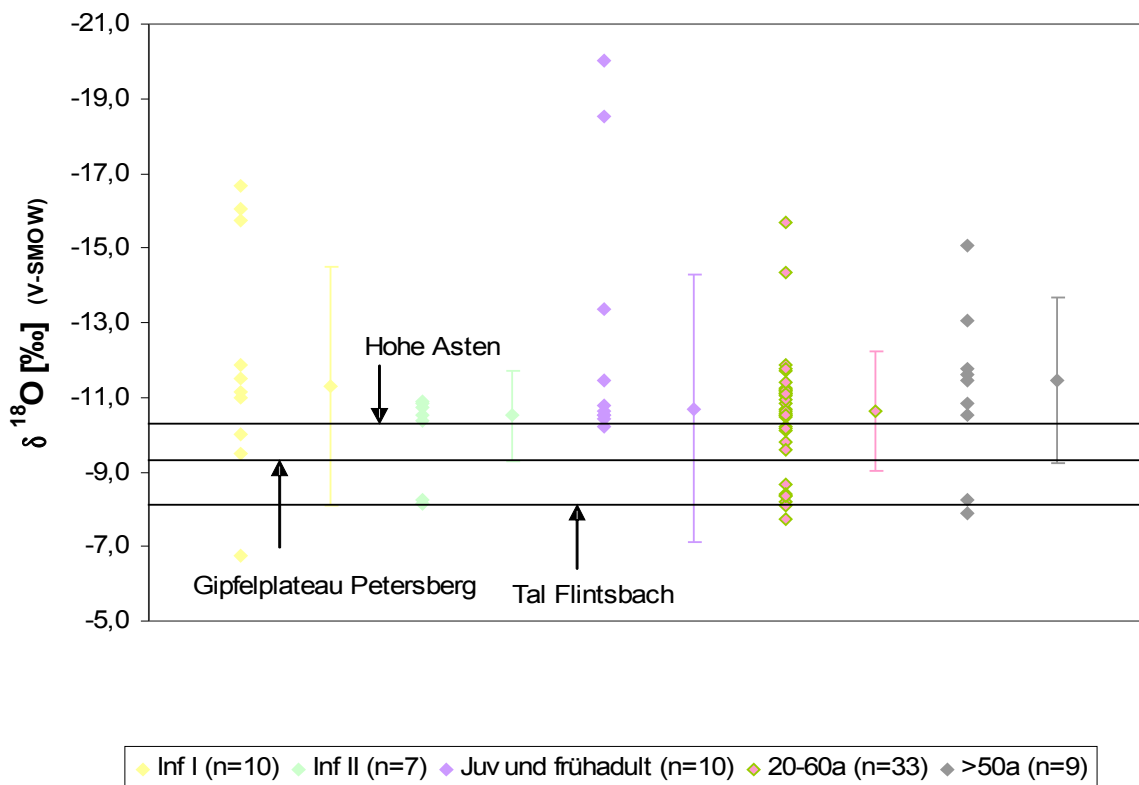


Abbildung 99:  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers, Individuen nach Alter mit OIPC-Daten für geografisch definierte Höhenmeter

### Vergleich der drei Friedhofsareale

Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Individuen aus dem Westteil (n=16) ergeben einen von  $-13,17\text{‰} \pm 0,87$ . Der Maximalwert liegt bei  $-12,02\text{‰}$  (Pb 637), der Minimalwert bei  $-15,28\text{‰}$  (Pb 744). Errechnet man den  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert, ergibt sich ein Median von  $7,34\text{‰} \pm 1,03$ . Hier befinden sich der Maximalwert bei  $8,89\text{‰}$  (Pb 637) und der Minimalwert bei  $5,31\text{‰}$  (Pb 744). Der Median der im Nordostteil beerdigten Individuen (n=5) liegt für die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte bei  $-13,97\text{‰} \pm 2,55$ . Der Maximalwert liegt bei  $-8,75\text{‰}$  (Pb 1101), der Minimalwert bei  $-14,93\text{‰}$  (Pb 631). Der errechnete  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert zeigt einen Median von  $5,85\text{‰} \pm 2,52$ . Hier befinden sich der Maximalwert bei  $11,51\text{‰}$  (Pb 1101) und der Minimalwert bei  $5,55\text{‰}$  (Pb 631). Die

$\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Individuen aus dem Südostteil (n=16) ergeben einen Median von  $-14,14\text{‰} \pm 0,62$ . Der Maximalwert liegt bei  $-13,06\text{‰}$  (Pb 843), der Minimalwert bei  $-15,35\text{‰}$  (Pb 844). Errechnet man den  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert, ergibt sich ein Median von  $6,22\text{‰} \pm 0,76$ . Hier befinden sich der Maximalwert bei  $7,78\text{‰}$  (Pb 842) und der Minimalwert bei  $4,94\text{‰}$  (Pb 1031). Die Daten sind in Abbildung 100 dargestellt. Laut Kruskal-Wallis-Test ist der Unterschied zwischen den drei Friedhofsarealen für die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ( $p=0,02^*$ ) und die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte ( $p=0,03^*$ ) des Karbonats signifikant.

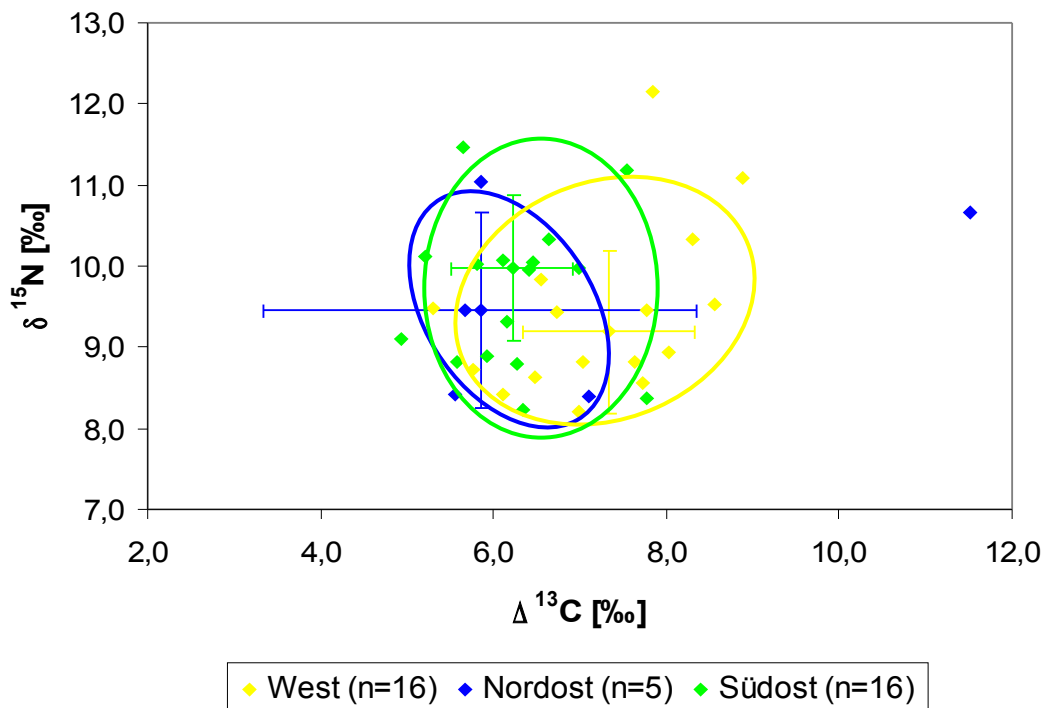


Abbildung 100:  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Proben menschlichen Kollagens (Alter > 20a) nach Friedhofsarealen. Mit Median und Standardabweichung

Der Median der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der Individuen, die im Westteil des Friedhofs beerdigt wurden (n=31), beträgt  $-7,90\text{‰} \pm 2,53$ . Der Maximalwert liegt bei  $-5,13\text{‰}$  (Pb 740), der

Minimalwert bei -15,14‰ (Pb 577). Der Median der errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte beträgt -10,99‰  $\pm$  2,63.

Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der Individuen des Nordostteils (n=7) zeigen einen Median von -7,63‰  $\pm$  3,35. Der Maximalwert liegt bei -7,43‰ (Pb 404a), der Minimalwert bei -16,59‰ (Pb 1101). Die errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers zeigen einen Median von -10,70‰  $\pm$  3,48.

Der Median der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der Individuen des Südostteils (n=30) beträgt -7,55‰  $\pm$  1,82. Der Maximalwert liegt bei -3,81‰ (Pb 47), der Minimalwert bei -12,42‰ (Pb 527). Der Median der errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte beträgt -10,63‰  $\pm$  1,89. Der Unterschied der drei Friedhofsareale für die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte ist laut Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant (p=0,68).

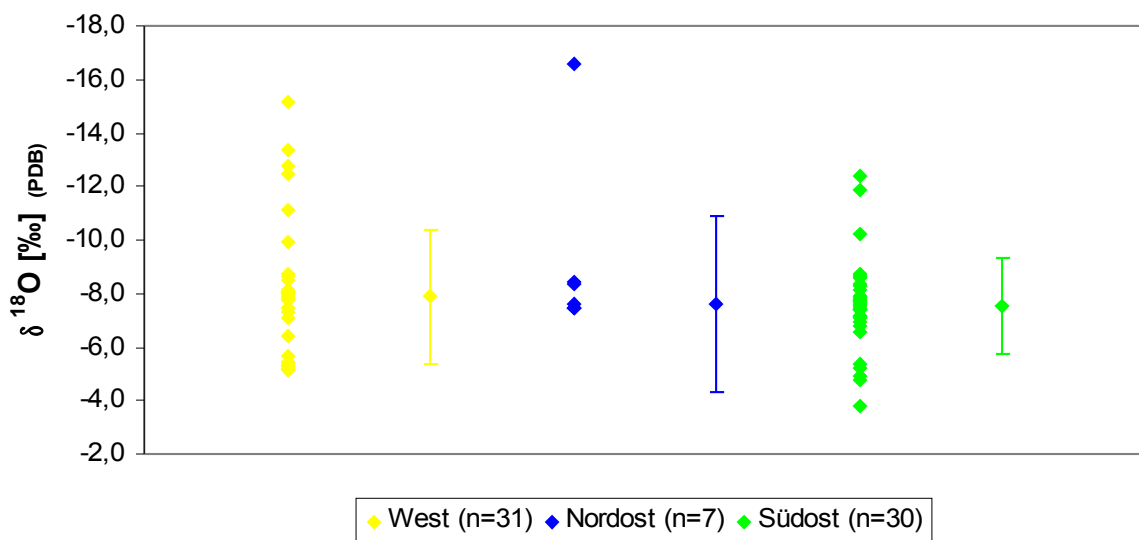


Abbildung 101:  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte von Proben menschlichen Karbonats nach Friedhofsarealen

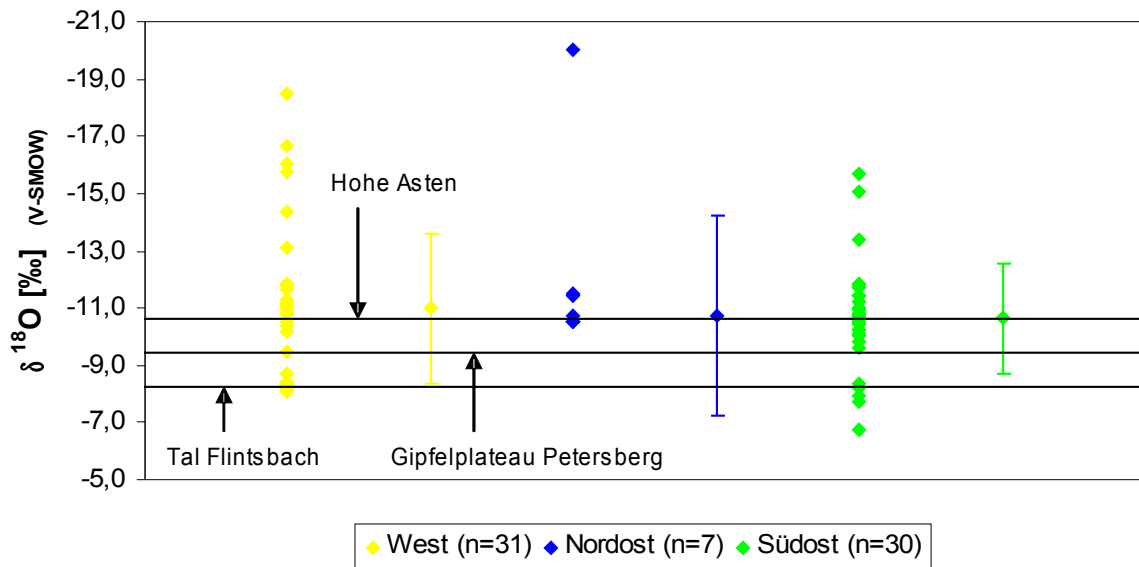


Abbildung 102:  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers, Individuen nach Friedhofsarealen mit OIPC- Daten für geografisch definierte Höhenmeter

### Erstellung eines Nahrungsnetzes

Analog zu dem zuvor bereits beschriebenen Nahrungsnetzen aus Isotopen des Knochenkollagens wurden auch bei den Werten aus dem Karbonat bzw. der  $\Delta^{13}\text{C}$ -Differenz zwischen Kollagen- und Karbonat-Isotopen in karnivore, omnivore und herbivore Spezies unterteilt (siehe Abbildung 103). Dies geschieht auch hier nach ernährungsbedingten Merkmalen und systematischen Kriterien.

Karnivore (farblich rot): Die Katze (*Felidae*) weist einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $-12,32\text{‰}$  und einen errechneten  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $8,20\text{‰}$  auf.

Omnivore (farblich orange): Das Knochenmaterial des Hundes (*Canidae*) zeigt einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $-15,05\text{‰}$  und einen  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $6,19\text{‰}$ . Der Fuchs (*Vulpes*) besitzt einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $-13,50\text{‰}$  und einen errechneten  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $8,04\text{‰}$ . Der Bären-Metatarsus (*Ursidae*) zeigt einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $-13,32\text{‰}$  und einen  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $8,02\text{‰}$ . Die  $\delta^{13}\text{C}$ -

Werte der Schweine (*Sus scrofa domestica*) ergeben einen Median von  $-13,57\text{‰} \pm 1,59\text{‰}$ , die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte einen Median von  $8,46\text{‰} \pm 1,59\text{‰}$ .

Herbivore (farblich grün): Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Feldhasen (*Lepus europaeus*) ergeben einen Median von  $-14,05\text{‰}$  und einen  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $6,76\text{‰}$ . Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Rinder (*Bos*) ergeben einen Median von  $-12,03\text{‰} \pm 1,16\text{‰}$ , die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte einen Median von  $9,46\text{‰} \pm 2,46\text{‰}$ . Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Schafe (*Ovis*) ergeben einen Median von  $-13,44\text{‰} \pm 0,11\text{‰}$ , ihre  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte einen Median von  $8,18\text{‰} \pm 0,16\text{‰}$ . Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Ziege (*Capra*) ergeben einen Median von  $-12,63\text{‰} \pm 0,13$  und einen  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert von  $9,62\text{‰}$ .

Vögel (farblich blau): Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Huhnes (*Gallus gallus domesticus*) ergeben einen Median von  $-13,44\text{‰} \pm 0,64\text{‰}$ , die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte einen Median von  $6,98\text{‰} \pm 0,15\text{‰}$ .

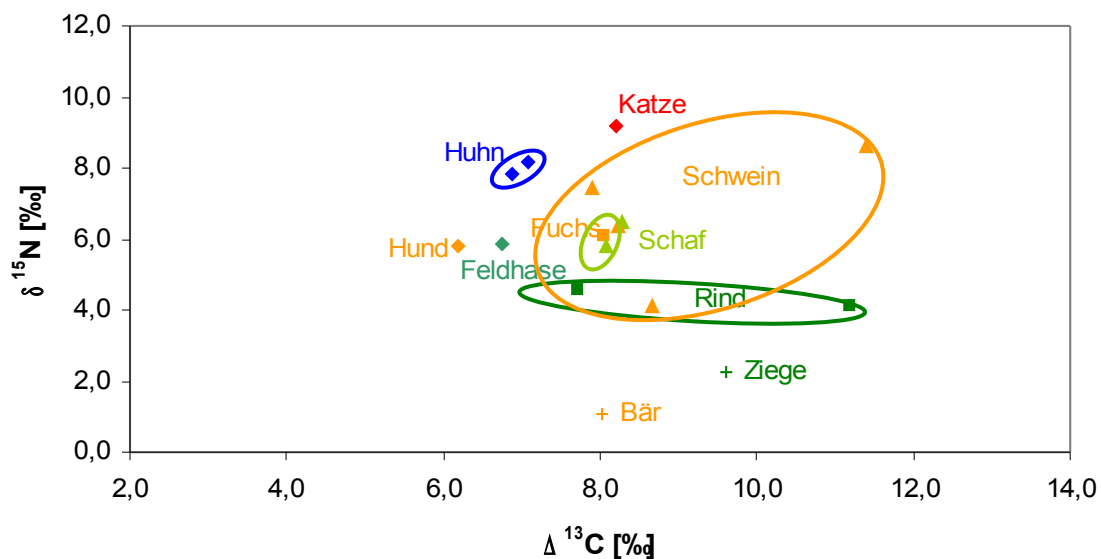
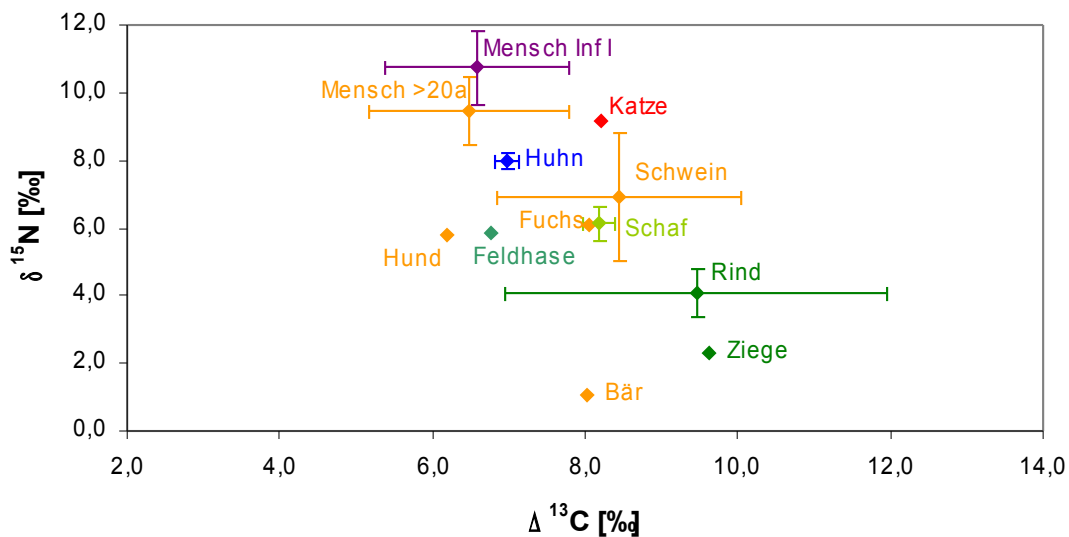


Abbildung 103: Einzelwerte der  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte verschiedener Spezies

In Abbildung 104 wurden neben den Tieren erwachsene Menschen (>20 Jahre) und Kinder der Altersklasse *Infans I* eingetragen.



**Abbildung 104: Mediane (mit Standardabweichung) oder Einzelwerte der  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte verschiedener Spezies**

Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte und die errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers der Tiere werden ebenfalls in Karnivore, Omnivore, Herbivore und Vögel eingeteilt.

Karnivore (farblich rot): Die untersuchte Katze zeigt einen  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Wert von  $-6,23\text{‰}$ , der errechnete  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wert des konsumierten Wassers beträgt  $-9,25\text{‰}$ .

Omnivore (farblich orange): Der Hund hat einen  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Wert von  $-9,61\text{‰}$ , sein errechneter  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwert beträgt  $-12,76\text{‰}$ . Der Fuchs zeigt einen  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Wert von  $-8,21\text{‰}$ , sein  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwert liegt bei  $-11,31\text{‰}$ . Der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Wert des Bären beträgt  $-6,48\text{‰}$ , der errechnete  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wert  $-9,51\text{‰}$ . Der Median der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der Schweine ( $n=5$ ) liegt bei  $-6,35\text{‰} \pm 4,18$ , wobei der Maximalwert  $-4,83\text{‰}$  und der

Minimalwert  $-15,23\text{‰}$  beträgt. Der Median der errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte liegt bei  $-9,38\text{‰} \pm 4,34$ .

Herbivore (farblich grün): Der Median der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der Feldhasen ( $n=2$ ) beträgt  $-8,24\text{‰} \pm 1,09$ ; der errechnete  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wert des konsumierten Wassers liegt bei  $-11,34\text{‰} \pm 1,13$ . Der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Median der Rinder ( $n=6$ ) ergibt einen Wert von  $-6,31\text{‰} \pm 3,02$ . Der Maximalwert liegt bei  $-5,88\text{‰}$ , der Minimalwert bei  $-13,46\text{‰}$ . Der errechnete  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwert beträgt  $-9,33\text{‰} \pm 3,14$ . Die Schafe ( $n=2$ ) zeigen einen  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Median von  $-6,34\text{‰} \pm 1,10$ ; der errechnete  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wassermedian liegt bei  $-9,37\text{‰} \pm 1,15$ . Der Median der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte der Ziegen ( $n=2$ ) beträgt  $-5,16\text{‰} \pm 0,36$ ; der Median der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte liegt bei  $-8,13\text{‰} \pm 0,37$ .

Vögel (farblich blau): Die Hühner ( $n=3$ ) zeigen einen  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Median von  $-7,76\text{‰} \pm 1,41$  mit einem Maximalwert von  $-5,90\text{‰}$  und einem Minimalwert von  $-8,66\text{‰}$ . Der Median der errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte beträgt  $-10,84\text{‰} \pm 1,46$ .

Die Abbildungen 105 und 106 zeigen die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ - und  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte der verschiedenen Tierspezies. Zusätzlich wurden die validen Werte aller Menschen des Petersberges aufgetragen.



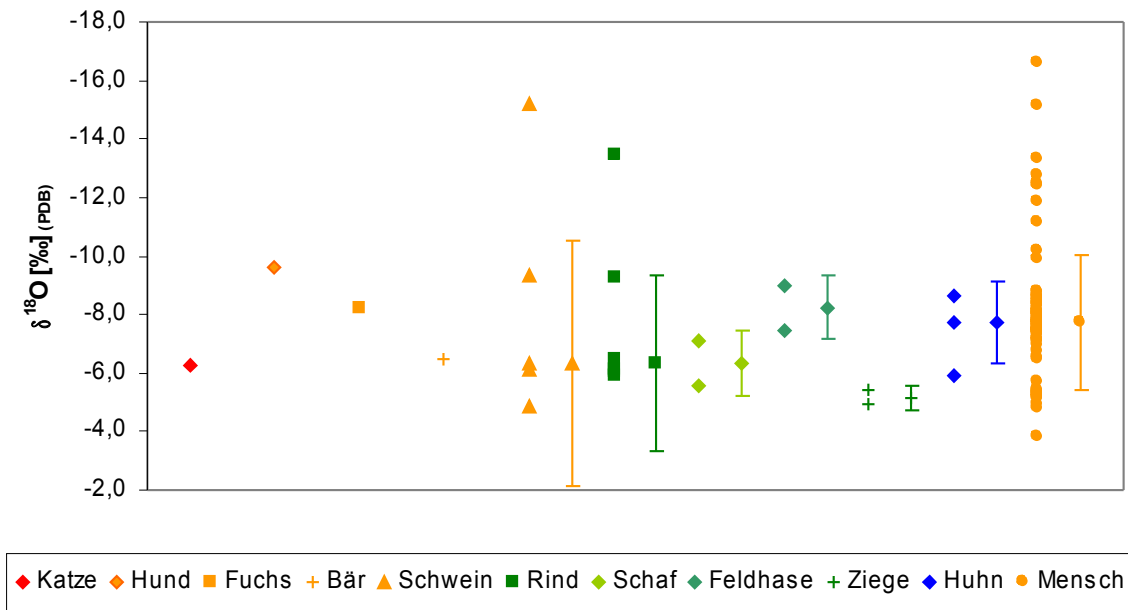


Abbildung 105: Einzelwerte und Mediane (mit Standardabweichung) der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte verschiedener Spezies

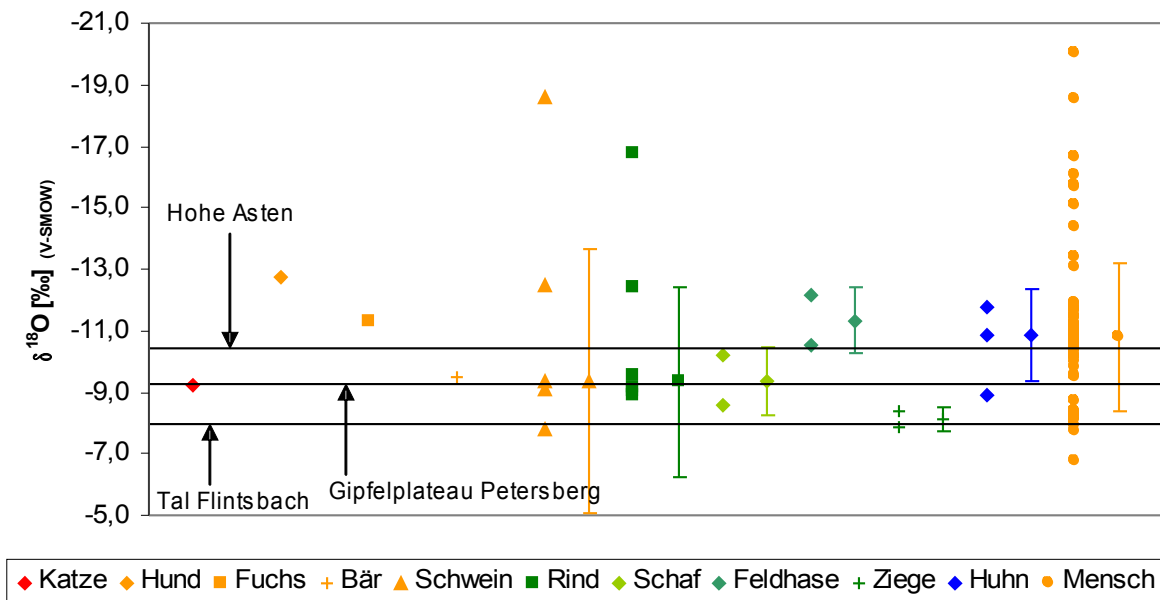


Abbildung 106: Einzelwerte und Mediane (mit Standardabweichung) der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des konsumierten Wassers verschiedener Spezies

## 6. Ergebnisse – Wolfsteiner

### 6.1) *Morphologisch-anthropologische Untersuchung*

Die in der Gruft der Schlosskirche St. Michael zu Sulzbürg (Oberpfalz) bestatteten Individuen wurden einer ausführlichen forensisch-anthropologischen Untersuchung unterzogen (Graw et al. 2008). Die gewonnenen anthropologisch-paläopathologischen Daten werden im Folgenden aufgeführt. An dieser Stelle sei Herrn Prof. Dr. Matthias Graw, Dr. Oliver Peschel und PD Dr. Albert Zink für die freundliche Bereitstellung der Beobachtungen recht herzlich gedankt.

#### 6.1.1) Individuenanzahl

Acht Skelette aus der Krypta konnten eindeutig einzelnen, namentlich bekannten Familienmitgliedern der Familie von Wolfstein zugewiesen werden (siehe Stammbaum 3.2.2). Außer diesen acht Bestattungen enthielt die Gruft weitere, vorwiegend kindliche Individuen. Von diesen liegen aber keine weiteren historischen Informationen wie Lebensalter, Geschlecht und biografische Daten. Insgesamt konnten Skelettproben und teilweise mumifizierte Weichteilproben von 21 Individuen in die Untersuchungen einbezogen werden (siehe Tabelle 31). Dem zum Teil mangelhafte Erhaltungszustandes und fehlenden Skelettelementen ist geschuldet, dass nicht alle Daten von allen Individuen erhoben werden konnten. Wegen der geringen Individuenzahl ist eine dem Petersberger Material vergleichbare statistische Bearbeitung nicht sinnvoll.

Tabelle 31: Alle untersuchten Individuen (modifiziert nach Graw et al. 2008)

Befund-Nr.	Name	Sterbealter (Jahre)	Geschlecht
GE 001 KN	Friedrich Wilhelm von Wolfstein	12a	männlich
GE 002 TE	Beata Friederike von Wolfstein	34a	weiblich
GE 003 KN		nd	nd
GE 004 KN	Friedrich Karl von Wolfstein	1a	männlich
GE 005 KN		nd	nd
GE 006 KN	Georg Albrecht von Wolfstein	58a	männlich
Kindermumie		Infans	nd
KN GE 011	Elisabeth von Limpurg	68a	weiblich
KN GE 010	Hans Adam von Wolfstein	44a	männlich
KN ET 001	Anna Johanna von Ortenburg	nd	weiblich
KN ET 002 B nördl. Bereich		nd	nd
KN GE 009		nd	nd
KN GE 007	Friederike Eleonore von Wolfstein	Infans ca. 3a	weiblich
KN ET 002		1-6a	nd
KN GE 011 mittel		Infans	nd
KN GE 010 neonat		neonat	nd
KN GE 011 klein		Infans	nd
KN GE 011 neonat		neonat	nd
SG GE 07 KN ET 003		nd	nd
KN GE 010 klein1		Infans	nd
KN GE 010 klein2		Infans	nd

### 6.1.2) Geschlechts- und Altersverteilung

Aus den biografischen Daten ergibt sich für die Bestatteten folgende Alters- und Geschlechtsverteilung: Von den genannten acht Individuen ließen sich exakte biografische Altersangaben ermitteln; das mittlere Lebensalter betrug hier 36 Jahre. Es konnten vier männliche und vier weiblichen Individuen namentlich identifiziert werden. Eine Frau, die sicher älter als 50 Jahre war, hatte in der Gruft eine Erdbestattung erhalten; hier konnte jedoch keine Probe untersucht werden. Das Geschlecht von 13 nummerierten Streufunden (etwa fünf Erwachsenen und etwa acht Kinder, *neonat*, *Infans* I und II) konnte wegen der schlechten Erhaltung und Repräsentanz nicht weiter bestimmt werden. Die Streufunde, die sicher von Erwachsenen stammen, sind eventuell den namentlich identifizierten Individuen zuzuordnen. Es waren aber zweifelsfrei auch Individuen in der Gruft, die nicht im Stammbaum verzeichnet sind: Es wurden Knochen von mindestens zwei neonaten Individuen gefunden.

### 6.1.3) Körperhöhe und weitere physische Merkmale

Eine Bestimmung der Körperhöhe gelang bei den skelettierten Individuen Hans Adam mit ca. 173cm und Elisabeth mit ca. 152cm (Bach 1965, Breitinger 1938). Beata Friederike Florentina (mumifiziert) war ca. 144cm, Friedrich Wilhelm (ebenfalls mumifiziert) ca. 128cm groß. Alle anderen Skelette waren nicht komplett vorhanden, die langen Röhrenknochen waren abgebrochen oder erheblich defekt, so dass keine Körperhöhenbestimmung vorgenommen werden konnte.

Hinsichtlich epigenetischer Merkmale ließen sich an den teilweise von Weichteilen bedeckten, teils skelettierten Individuen keine Hinweise auf *Sutura metopica* oder Schaltknochen erheben. Es ergaben sich keine Hinweis auf akzessorische Gelenkflächen, wobei der Zustand der Knochen auch hier nur eingeschränkte Diagnosemöglichkeiten zuließ.

Georg Albrecht von Wolfstein wies eine deutliche Zahnfehlstellung mit ausgeprägtem Überbiss des Unterkiefers auf; eine ähnliche Fehlstellung des Unterkiefers konnte auch an der teilweise skelettierten Mumie von Hans Adam von Wolfstein beobachtet werden. An weiteren Familienmitgliedern konnte diese epigenetisch bedingte Fehlstellung nicht festgestellt werden.

#### **6.1.4) Paläopathologische Befunde**

Aufgrund der nur mäßigen Erhaltung der Individuen und ihrer geringen Anzahl konnten lediglich einzelne pathologischen Befunden beobachtet werden, aus denen keine statistischen Auswertungen erfolgen konnten. Die Befunde betreffen teils Knochengewebe, teils Weichteilpathologien. Letztere wurden in Einzelfällen durch eine histologische Untersuchung von Gewebeproben nach einer Rehydrierung und Einbettung in Paraffinwachs ergänzt (Nerlich et al. 1995). Dabei wurde Lungengewebe von Beata Friederike von Wolfstein und Friedrich Wilhelm von Wolfstein vor der histologischen Analyse per CT untersucht (freundlicherweise durchgeführt von Dr. Vogel, Abteilung für Röntgendiagnostik, Klinikum München-Bogenhausen). Damit sollten eventuelle Verkalkungen oder eingebrachtes Fremdmaterial identifiziert und eine gezielte Probengewinnung für histologische Untersuchungen ermöglicht werden. Die Befunde werden in der Zusammenschau nachfolgend aufgelistet.

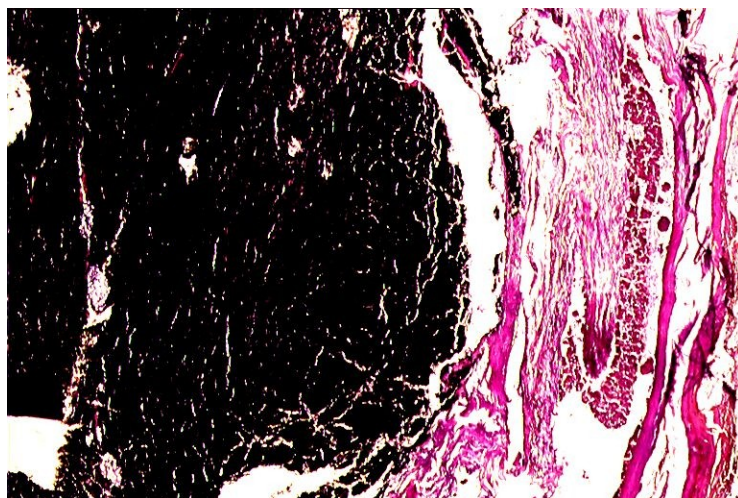
##### *Hans Adam von Wolfstein:*

Weitgehend skelettiertes Individuum mit Verbiegung der Nasenscheidewand ohne Hinweise auf sonstige pathologische Skelettbefunde.

##### *Beata Friederike von Wolfstein:*

Weitgehend mumifiziertes Individuum einer jüngeren Frau, die bei der partiellen Leichenöffnung beidseitig strangförmige Residuen der Lungen und teils derbe Knoten im Hilusbereich aufwies. Die Organe des Oberbauchs waren zwar als vertrocknete

Organreste erkennbar, aber nicht mehr zuzuordnen. Eine CT-Analyse der Hilusgewebe-Proben zeigte rundliche, kalkdicht imponierende Strukturen von etwa 6-8mm Größe. Die histologische Untersuchung ergab rundliche, stark mit schwärzlichem Pigment durchsetzte Strukturen vom Typ massiv anthrakotisch veränderter Lungenhilus-Lymphknoten. Verkalkungen lagen nicht vor, im polarisierten Licht ergaben sich allerdings feinstäubige Kristallniederschläge wie bei einer geringen Mischstaubbelastung, zusammen mit der massiven Anthrakose. Nekrosen oder granulomartige Strukturen konnten nicht nachgewiesen werden. Die histologische Untersuchung von Haut- und Unterhautgewebe zeigte typische Bindegewebsstrukturen und Fettgewebsreste (keine Epidermis), die Proben der Oberbauchorgane waren ohne spezifischen Strukturnachweis, so dass eine weitere organtypische Identifikation nicht möglich war. Zelluläre Residuen waren nirgendwo zu erkennen.



**Abbildung 107: Histologische Untersuchung der Hilusregion der Lunge von Beata Friederike. Ausgeprägte knotige Anthrakose (H&E, Originalvergrößerung x 400)**

*Friedrich Wilhelm von Wolfstein:*

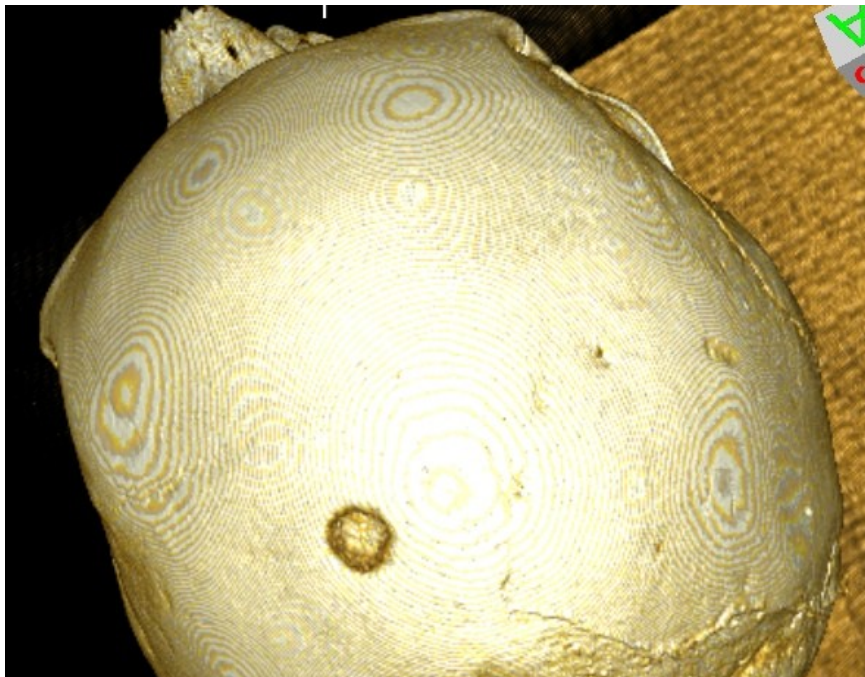
Die Epiphysenfugen an Schulter und Armen dieses mumifizierten Leichnams waren, typisch für sein jugendliches Alter, noch nicht verwachsen. Bei der partiellen Autopsie fanden sich ebenfalls stark vertrocknete Weichteilreste von beiden Lungenflügeln, jedoch keine Oberbauchorgane oder deren Reste. Eine CT-Untersuchung ergab auch hier kleine rundliche strahlendichte Strukturen von wenigen Millimetern Größe am Lungenhilus. In der nachfolgenden histologischen Untersuchung imponieren diese wiederum als kleine Anthrakoseknoten, vermutlich im Bereich von Hiluslymphknoten. Weitere histologische Analysen bestätigten den Erhalt von Bindegewebsstrukturen wie bei der Mumie von Beata Friederike, ergaben jedoch keine weiteren Informationen im Hinblick auf pathologische Veränderungen.

*Georg Albrecht von Wolfstein:*

Mit Ausnahme der bereits zuvor erwähnten Fehlstellung des Unterkiefers konnten an der weitgehend skelettierten Leiche dieses Mannes keine pathologischen Befunde entdeckt werden.

*Elisabeth von Wolfstein:*

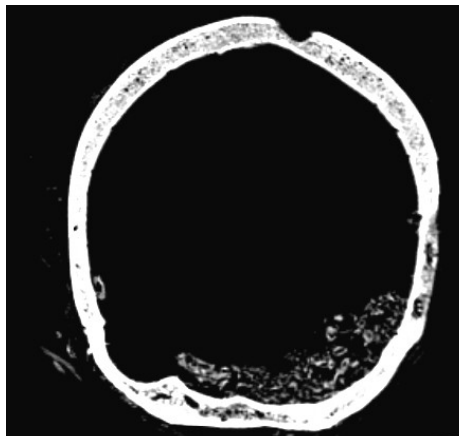
Das nur unvollständig erhaltene Skelett der älteren Frau mit sehr brüchigen Knochen hatte am Molar 27 einen großen lytischen Defekt vom Typ eines dentogenen Abszesses, der eventuell auch als Todesursache in Frage kommt. In diesem Fall müsste eine septische Streuung mit einer allgemeiner Sepsis angenommen werden. Auffällig war bei diesem Leichnam ein rundlicher Defekt der *Tabula externa* der Schädelkalotte am linken hinteren Scheitelbein, der die *Tabula interna* intakt ließ und im Bereich der Diploe sein *Punctum maximum* aufwies (siehe Abbildung 108).



**Abbildung 108: Dreidimensionale Rekonstruktion des Schädels von Elisabeth von Wolfstein mit Kalottendefekt**

Am Defektrand liegt eine minimale sklerotische Knochenreaktion vor, so dass der Befund als isolierte Osteolyse und -unter Einbeziehung der Morphologie- wahrscheinlich als *eosinophiles Granulom* bei Langerhanszell-Histiozytose zu klassifizieren ist. Bei der Langerhanszell-Histiozytose liegt eine immunologische Fehlreaktion zugrunde, so dass eine generelle Immundefizienz in Zusammenhang mit der großen dentogenen Abszessbildung eine septikämische Reaktion durchaus vorstellbar werden lässt.





**Abbildung 109: Ein sagittaler CT-Schnitt durch den Defekt zeigt eine Osteolyse mit Zerstörung der Tabula externa bei intakter Tabula interna und geringer sklerotischer Knochenreaktion**

*Friederika Elonora von Wolfstein:*

Die Skelettreste dieser nur in Fragmenten erhaltenen Mumie wiesen keine spezifischen makropathologischen Befunde auf.

*Karl Friedrich von Wolfstein:*

Auch von diesem Individuum waren lediglich wenige Skelettelemente erhalten, die keine spezifischen Pathologien aufwiesen.

An den übrigen Mumien- bzw. Skelettresten sowie den Streufunden konnten keine makropathologischen Befunde nachgewiesen werden.

## 6.2) Molekularbiologische Untersuchung

Von den 21 Befundnummern wurden Knochenproben für eine molekulare Analyse genommen. In Analogie zu den Untersuchungen an den Funden vom Petersberg wurde auch am Material aus der Schlosskirche von Sulzbürg zunächst eine Untersuchung zum Nachweis von humaner DNA (humanes  $\beta$ -Aktin-Multicopy-Gen), dann eine Analyse der Insertionssequenz IS 6110 des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes vorgenommen.

Tabelle 32: Bearbeitete Proben mit positiven/negativen DNA-Ergebnissen

Befund-Nr.	Name	untersuchtes Skelettelement	$\beta$ -Aktin	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
GE 001 KN	Friedrich Wilhelm von Wolfstein	Rippe	-	-
GE 002 TE	Beata Friederike von Wolfstein	Rippe	+	-
GE 003 KN		Rippe	+	-
GE 004 KN	Friedrich Karl von Wolfstein	LWK	+	+
GE 005 KN		Rippe	-	-
GE 006 KN	Georg Albrecht von Wolfstein	Wirbel	-	-
Kindermumie		LW	-	-
KN GE 011	Elisabeth von Limpurg	Rippen	-	-
KN GE 010	Hans Adam von Wolfstein	Rippen	-	-
KN ET 001	Anna Johanna von Ortenburg	Schädelfrag.	-	-
KN ET 002 B nördl. Bereich		Wirbel	-	-
KN GE 009		Schädelfrag.	-	-
KN GE 007	Friederike Eleonore von Wolfstein	Schädelfrag.	+	+
KN ET 002		Schädelfrag.	-	-

Befund-Nr.	Name	untersuchtes Skelettelement	β-Aktin	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
KN GE 011 mittel		Radius	-	-
KN GE 010 neonat		Femur	-	-
KN GE 011 klein		Tibia	+	-
KN GE 011 neonat		Humerus	-	-
SG GE 07 KN ET 003		Rippen	-	+
KN GE 010 klein1		Femur li.	+	-
KN GE 010 klein2		Femur li.	+	-

### 6.2.1) Amplifikation humaner DNA

Als Kontrolle für den Nachweis amplifizierbarer, nicht durch Hemmstoffe inhibierter DNA wurde in allen 21 Knochenproben ein 202bp großes Segment des menschlichen β-Aktin Gens amplifiziert und mittels Gelelektrophorese aufgetrennt (Ghossein et al. 1994, Zink et al. 2001). Sieben Proben zeigten dabei einen positiver Nachweis von humanem β-Aktin anhand eines charakteristischen Amplicons von 202bp Größe (siehe Abbildung 110).

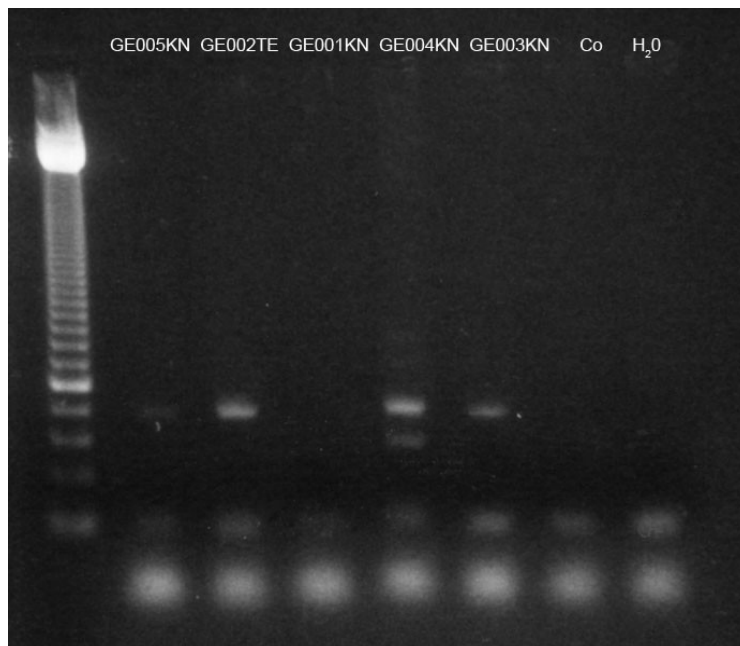
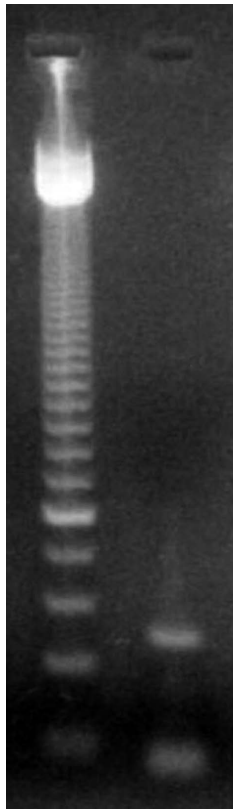


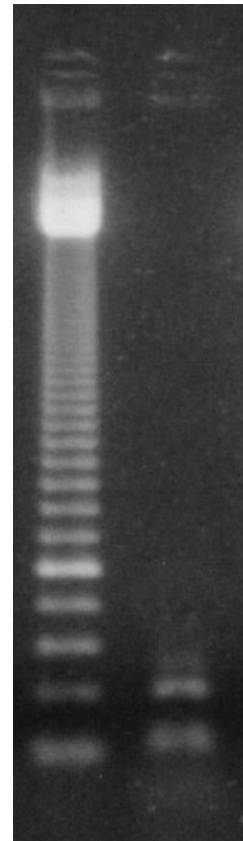
Abbildung 110: Amplicon des humanen β-Aktin Gens mit positivem Nachweis in den hier exemplarisch dargestellten Proben. Beide Negativkontrollen sind kontaminationsfrei

### 6.2.2) Amplifikation mykobakterieller DNA

Zum Nachweis des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes wurde ein 123bp Segment der repetitiven Sequenz IS6110 amplifiziert und mittels Gelelektrophorese aufgetrennt (Eisenach et al. 1990, Zink et al. 2001). Die Untersuchung der IS6110-Sequenz, die für den *Mykobakterium-tuberculosis*-Komplex spezifisch ist, zeigte bei drei Individuen ein positives Amplifikat (siehe Abbildung 111), dessen Spezifität durch den typischen Restriktionsenzym-Verdau (Hae III-Spaltung an einer spezifischen Stelle) bekräftigt werden konnte (siehe Abbildung 112). Hierbei wird das 123bp große Segment in ein 94bp und ein 29bp großes Segment geschnitten. Bei Friedrich Karl von Wolfstein und Friederike Eleonore von Wolfstein konnte Tuberkulose nachgewiesen werden. Darüber hinaus wurde ein namentlich nicht zu identifizierendes Kind aus den Streufunden positiv getestet. Die Standardleiter zeigt Banden im Abstand von 50bp.



**Abbildung 111:**  
Positives  
Amplicon IS6110  
(hier am Beispiel  
Friedrich Karl von  
Wolfstein)



**Abbildung 112:**  
Geschnittenes  
Produkt nach dem  
Verdau mit *HaeIII*

### ***6.3) Untersuchung stabiler Isotope an humanem Material aus Sulzbürg***

In Analogie zu den Untersuchungen der Bestattungen vom Petersberg wurde auch an dem Biomaterial aus der Gruft von Sulzbürg eine Analyse stabiler Kohlenstoff-, Stickstoff- und Sauerstoffisotope durchgeführt (an dieser Stelle sei Frau Dr. Christine Lehn für die freundliche Bereitstellung der Daten recht herzlich gedankt). Im Falle der Wolfsteiner Individuen wurden Haare für die massenspektrometrische Messung verwendet. Keratin aus Haaren und Kollagen aus Knochen sind jedoch nicht ohne weiteres miteinander zu vergleichen. O'Connell & Hedges (1999b) entwickelten Korrekturfaktoren für archäologisches Material. Demzufolge muss bei den  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten der Wolfsteiner 0,5‰ und bei den  $\delta^{15}\text{N}$ -Daten 1,0‰ addiert werden, damit diese Daten mit denen der Petersberger verglichen werden können (siehe Tabelle 33). Die aus dem Zahndentin gewonnenen Kohlenstoffdaten können mit Daten aus Knochenkarbonat verglichen werden. Eine statistische Auswertung ist wegen der nur geringen Individuenanzahl nicht sinnvoll.

Tabelle 33:  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte aus Keratin und  $\delta^{13}\text{C}$  aus Dentin. Erhoben wurden der Mittelwert mit Standardabweichung und der Median (modifiziert nach Lehn, persönliche Mitteilung)

Befund-Nr.	Name	$\delta^{13}\text{C}_{\text{KERATIN}}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{KA}}$ (‰)	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{KA-KERATIN}}$
GE 001 KN	Friedrich Wilhelm von Wolfstein	-19,9	12,1	-14,5	5,4
GE 002 TE	Beata Friederike von Wolfstein	-19,8	12,1		
GE 006 KN	Georg Albrecht von Wolfstein			-16,0	
KN GE 011	Elisabeth von Limpurg	-19,5	11,4	-13,1	6,4
KN GE 010	Hans Adam von Wolfstein	-19,7	11,8	-17,0	2,7
	<b>Mittelwert</b>	<b>-19,7</b>	<b>11,9</b>	<b>-15,2</b>	<b>4,8</b>
	<b>Stabw</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>1,7</b>	<b>1,9</b>
	<b>Median</b>	<b>-19,8</b>	<b>12,0</b>	<b>-15,3</b>	<b>5,4</b>
	<b>Median (Korr.)</b>	<b>-19,3</b>	<b>13,0</b>		

Der Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte (Keratin) liegt bei -19,8‰, der Median der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte bei 12‰. Das Zahndentin ergibt einen  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -15,3‰, die Differenz der stabilen Kohlenstoffisotope zwischen Karbonat und Keratin liegt bei 5,4‰. Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte aus dem Keratin sind relativ homogen und reichen von -19,9 (Friedrich) bis -19,5‰ (Elisabeth). Ebenso ist bei den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten kein großer Unterschied zwischen den Individuen zu erkennen. Die Daten reichen von 12,1‰ (Friedrich und Beata) bis 11,4‰ (Elisabeth). Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte aus dem Zahndentin zeigen größere Abweichungen voneinander, mit einem Minimalwert von -17,0‰ (Hans Adam) bis -13,1‰ (Elisabeth). Ebenso reichen die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte von 2,7‰ (Hans Adam) bis 6,4‰ (Elisabeth).

Tabelle 34: Sauerstoff V-SMOW-Werte aus Dentin und Umrechnung in V-SMOW-Werte des lokal konsumierten Wassers. Erhoben wurden der Mittelwert mit Standardabweichung und der Median (modifiziert nach Lehn, persönliche Mitteilung)

Befund-Nr.	Name	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) (V-SMOW)	$\delta^{18}\text{O}$ Wasser (V-SMOW)
GE 001 KN	Friedrich Wilhelm von Wolfstein	24,6	-9,05
GE 002 TE	Beata Friederike von Wolfstein		
GE 006 KN	Georg Albrecht von Wolfstein	26,2	-7,44
KN GE 011	Elisabeth von Limpurg	25,5	-8,15
KN GE 010	Hans Adam von Wolfstein	25,3	-8,35
	<b>Mittelwert</b>	<b>25,4</b>	<b>-8,2</b>
	<b>Stabw</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>
	<b>Median</b>	<b>25,4</b>	<b>-8,3</b>

Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte aus Zahndentin wurden in  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des lokalen, von den Menschen aufgenommene Wasser umgerechnet (Iacumin 1996) und ergeben so einen Median von -8,3‰. Sie reichen von -9,05‰ (Friedrich Wilhelm) bis -7,44‰ (Georg Albrecht).



## 7. Diskussion

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Bevölkerungsgruppen vom Petersberg und aus Sulzbürg sind heterogene, nur zum Teil vergleichbare Gruppen. Die anthropologisch-paläopathologische Untersuchung der Bestattungen des Petersbergs ergab drei auch räumlich getrennte Stichproben. Die Datenlage für eine umfassende Rekonstruktion von Lebens- und Krankheitsumständen in mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bevölkerungsgruppen ist außerdem noch immer sehr gering ist. Deshalb wurde eine vergleichende Beurteilung der Daten aller vier Bevölkerungsgruppen nur so weit wie möglich vorgenommen. Die Beurteilung erhält vor allem dadurch eine besondere Bedeutung, da nicht nur innerhalb einer Bestattungsregion sozial unterschiedliche Populationsgruppen verglichen wurden, sondern auch eine räumlich und zeitlich übergreifende Interpretation von anthropologisch-paläopathologischen und molekularen Daten vorgenommen werden konnte.

### 7.1) *Morphologische Untersuchung*

#### 7.1.1) Individuenanzahl

Die Bestimmung der absoluten Individuenanzahl ist in anthropologisch-paläopathologischen Untersuchungsmaterial nur dann grundsätzlich sicher, wenn es sich bei dem Befund ausschließlich um Individualbestattungen handelt. In der Gruft von Sulzbürg konnten so acht namentlich bekannte Familienmitglieder der Fürstenfamilie identifiziert, aber 13 weitere, überwiegend kindliche, nicht weiter zugeordnet werden. Bei Bestattungen in Gemeinschaftsgräbern, Gebeinhäusern oder Friedhöfen mit Mehrfachbestattungen und Verwurf früherer Bestattungen kann dagegen nur die minimale Individuenzahl sicher genannt werden. Statistische Auswertungen erfolgen dann nur zu einzelnen physischen und pathologischen Situationen oder Veränderungen.

Dementsprechend ließ sich die absolute Anzahl der auf dem Petersberg beerdigten Individuen aufgrund des auf dem Berg stets herrschenden Platzmangels schwierig ermitteln (siehe Material 3.1.2). Demzufolge wurden zunächst alle vorhandenen Skelettelemente gesondert betrachtet und das mit der höchsten Zahl belegte Element als für die Mindestanzahl an Bestattungen maßgeblich festgelegt. Dabei ist zu bemerken, dass vor allem die meisten Knochen des Verwurfs so stark fragmentiert oder zumindest abgestoßen waren, dass über das Gelenk keine Zuordnung zu einem bestimmten Individuum mehr erfolgen konnte. Die einzelnen Skelettelemente (ohne Schädel) des Petersberger Friedhofes, die zu mehr als 50% vorhanden waren, lassen auf eine minimale Individuenzahl von insgesamt 145 Erwachsenen schließen, anhand der (rekonstruierten) Schädel (*Calvaria*) ergibt sich eine minimalen Anzahl von  $n=153$ .

Aufgrund des unterschiedlichen Knochenalters konnten die Knochen einzelner kindlicher bzw. juveniler Individuen aus dem Verwurf besser identifiziert werden. Aus Knochen mit unverwachsenen oder unvollständig verwachsenen *Epiphysen* konnte für den ganzen Friedhof auf minimal 70 Kinder/Subadulte geschlossen werden. Anhand der minimalen Anzahl ausgewachsener *Calvaria* ( $n=153$ ) und der identifizierten Kinder- und Jugendlichen ( $n=70$ ) kann von einer minimalen Individuenanzahl von 223 auf dem Friedhof des Petersberges ausgegangen werden.

Von besonderer Bedeutung für die Interpretation ist die Verteilung der Bestattungen innerhalb verschiedener Areale des Petersberger Friedhofes. Den Grabungsplänen kann entnommen werden, dass im Südostteil die meisten erwachsenen Individuen beerdigt wurden ( $n=101$ ), gefolgt vom Westteil ( $n=33$ ) und dem Nordostteil ( $n=16$ ). In der Sulzbürger Gruft sind kann aufgrund der *Calvaria* von mindestens sechs adulten Individuen ausgegangen werden, von denen fünf namentlich identifiziert wurden. Außerdem konnten mindestens sechs weitere subadulte (davon zwei neonate) Individuen identifiziert werden, drei davon namentlich.

### 7.1.2) Geschlechterverteilung

Die Grufbestattungen aus Sulzbürg umfassten je vier namentlich bekannte weibliche und männliche Individuen und darüber hinaus mindestens fünf unbestimmte Kinder.

Für die Bestimmung der Geschlechterverteilung der Petersberger Bestattungen waren lediglich die anthropologisch bestimmten Daten verfügbar. Zunächst konnte festgestellt werden, dass die als *wahrscheinlich* und *eher* bestimmten Individuen in die Auswertung der Geschlechtsverteilung einbezogen werden können. Es handelt sich dabei um nur wenige Individuen, bei denen zudem der Großteil der Geschlechtsmerkmale auf ein bestimmtes Geschlecht hinweist. Ihre Lageverteilung ist in den Abbildungen 113-116 dargestellt. Weibliche Individuen sind rot eingezeichnet, männliche blau.

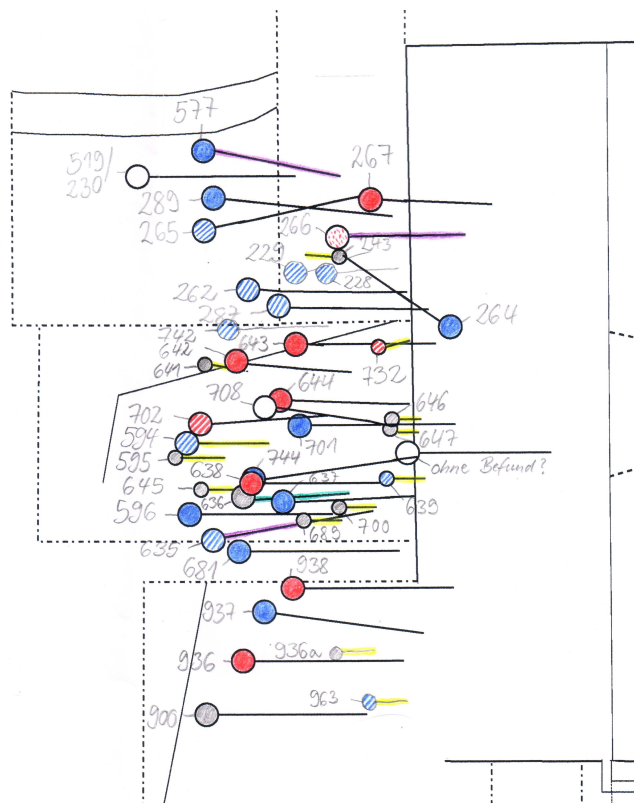
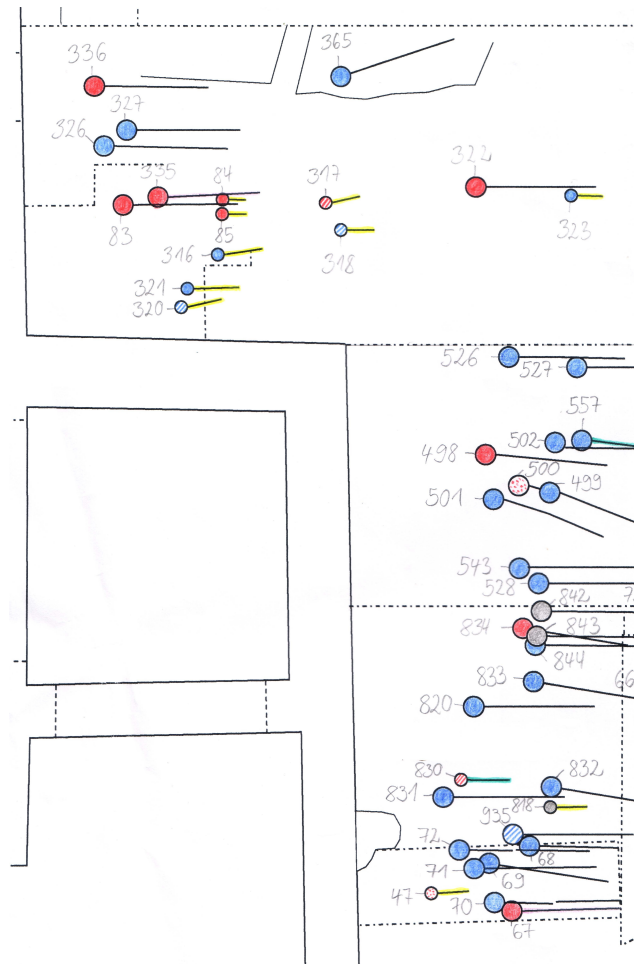
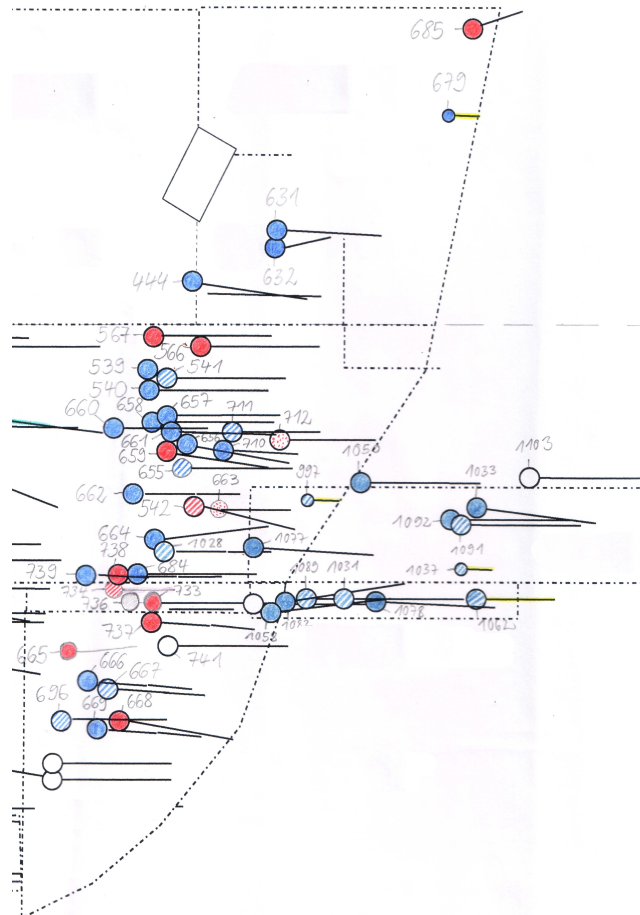


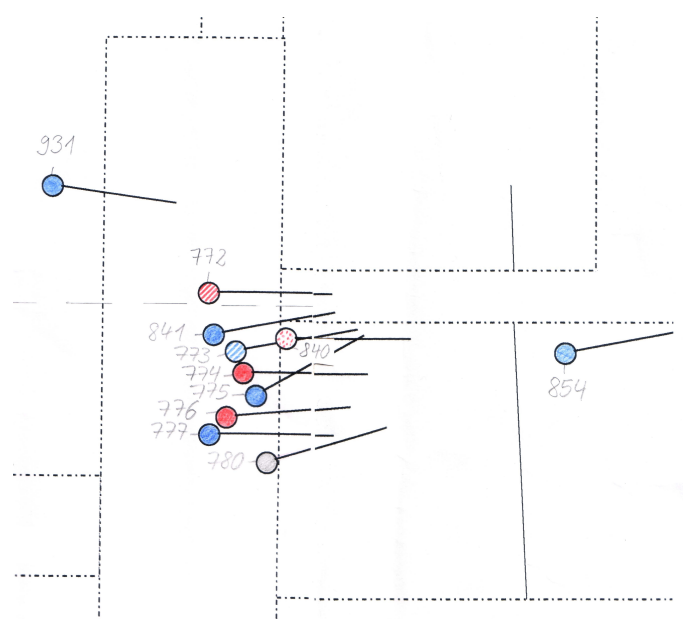
Abbildung 113: In situ- Individuen des Westareals (blau= männlich, rot= weiblich, gestreift= wahrscheinlich, gepunktet= eher, gelb= Inf I, grün= Inf II, lila= Juvenilis). Der Maßstab beträgt 1:50



**Abbildung 114: In situ- Individuen des Nordost- und Südostareals nahe der Kirche (blau= männlich, rot= weiblich, gestreift= wahrscheinlich, gepunktet= eher, gelb= Inf I, grün= Inf II, lila= Juvenilis). Der Maßstab beträgt 1:50**



**Abbildung 115: In situ- Individuen des Nordost- und Südostareals in zweiter Reihe von der Kirche entfernt (blau= männlich, rot= weiblich, gestreift= wahrscheinlich, gepunktet= eher, gelb= Inf I, grün= Inf II, lila= Juvenilis). Der Maßstab beträgt 1:50**



**Abbildung 116: In situ- Individuen des Nordost- und Südostareals relativ weit von der Kirche entfernt (blau= männlich, rot= weiblich, gestreift= wahrscheinlich, gepunktet= eher, gelb= Inf I, grün= Inf II, lila= Juvenilis). Der Maßstab beträgt 1:50**

Über den gesamten Petersberger Friedhof gesehen zeigt die Geschlechtsverteilung einen deutlichen Männerüberschuss (MI 289), insbesondere im Südostteil (MI 420) und im gesamten Verwurf (MI 508). Caselitz (1983) untersuchte ein Männerkloster in Schleswig und errechnete dort einen Maskulinitätsindex von 464. Die hier errechneten Geschlechterverteilungsdaten sprechen für das von Historikern und Archäologen postulierte **Kloster auf dem Petersberg**. Dabei handelt es sich vermutlich um Reformbenediktiner (Meier 2008, persönliche Mitteilung). Archäologen datieren aufgrund bauhistorischer Erwägungen und <sup>14</sup>C-Datierungen die klösterliche Siedlungsphase in die Zeit um 1000-1300 AD. Die Belegungsdauer des Südostareals mit seinem übermäßigen Männeranteil datiert zum größten Teil in dieselbe Zeitspanne wie die klösterliche Siedlungsphase.

**Folglich könnte der Großteil der Klosterbrüder im südöstlichen Friedhofsareal bestattet worden sein.** Vergleicht man die Geschlechterverteilung mit den Harris-Matrizen (siehe Anhang, Tabellen 130-134), erkennt man, dass zum Beispiel im Südostareal (Schnitte 22, 22/25, 25, 39, 43) weibliche Individuen oben in der ersten und zweiten Reihe liegen. Die <sup>14</sup>C-Daten ergeben für diese Individuen Datierungen in das 13. und 14. Jahrhundert (beispielsweise Pb 659 und Pb 733). Für diese Zeit ist der Niedergang des Klosters nach historischen und archäologischen Kriterien fassbar; ab diesem Zeitraum weisen auch Paternosterringe auf die Anwesenheit von Frauen auf dem Petersberg hin von denen diese Gebetsschnüre hauptsächlich genutzt wurden (Later 2003).

Im West- (MI 127) und Nordostareal (MI 150) ist der Männeranteil nicht so übermäßig hoch wie im Südosten, jedoch ist auch hier der Anteil der bestatteten männlichen Individuen deutlich erhöht. Eventuell wurden hier neben Mönchen auch **Personen aus den umliegenden Bergbauernhöfen oder dem Tal bestattet**, vielleicht handelte es sich hierbei auch um einzelne Individuen aus dem **Grafengeschlecht der Falkensteiner** oder ihrer Gefolgschaft. An dieser Stelle muss leider erwähnt werden, dass das Individuum Pb 519 aus dem Westareal (Schnitt 13/24), für das von archäologischer Seite gute Indizien vorliegen, dass es sich um Graf Sibotho VI. von Falkenstein (±1244 AD) handeln könnte, nicht untersucht werden konnte: Das Skelett ist derzeit nicht auffindbar. Nach Auskunft der Archäologen wurde bei diesem Individuum eine Mithras-Gemme gefunden; das Skelett war außerdem schräg vor der Kirchentür auf dem Bauch liegend bestattet worden (Meier 2001). Als „Büßerstellung“ interpretiert, könnte dies tatsächlich auf einen sozial differenzierten Rang hinweisen. Von den Archäologen wird aufgrund dieses Grabfundes, des Vergleichs mit anderen Friedhöfen und mit Schriftquellen angenommen, dass im Westareal vor dem Kircheneingang eine höhere soziale Schicht, wie zum Beispiel Adelige, beerdigt wurde.

Vergleicht man die Geschlechterverteilung im Westareal mit der Harris-Matrix (Schnitt 13/24, 26, siehe Anhang, Abbildung 131) der Archäologen, so lässt sich feststellen, dass auch in den unteren, älteren Schichten Frauen zu finden sind (beispielsweise Pb 642). Im Westareal könnten demnach **anfänglich Erwachsene beider Geschlechts aus den umliegenden Bergbauernhöfen oder dem Tal bestattet worden sein und später, zur Zeit des Klosters, vermehrt Mönche**. Nach dem Niedergang des Klosters ist im Westareal wahrscheinlich nicht mehr so lange bestattet worden wie im Südostteil, oder aber die obersten Schichten des Friedhofs im Westen sind durch frühneuzeitliche Umgestaltungen beschädigt worden (Meier 2008, persönliche Mitteilung). Die jüngste Datierung im Westareal liefern die Münzen des als Sibotho vermuteten Skelettes ( $\pm 1244$  AD). Dort sind ebenfalls einige weibliche Individuen in den oberen Reihen der Matrix zu finden. Im Allgemeinen ist eine absolut sichere Stratigraphie über die Harris-Matrizen jedoch nicht möglich, da viele Nummern den Individuen nicht klar zugeordnet werden können. Bei vielen Nummern handelt es sich um Skelettelemente aus dem Verwurf. Zudem ist die  $^{14}\text{C}$ -Datenmenge leider begrenzt. Da meist ein Individuum der obersten Reihe und eines der untersten Reihe gemessen wurde, kann nichts über die „mittleren“ Individuen ausgesagt werden, außer, dass sie in der Zeitspanne dazwischen liegen.

**Tabelle 35: Vergleich der Geschlechterverteilung und des Maskulinitätsindex (MI) verschiedener mittelalterlicher Fundplätze in Bayern (Datierungen von Meier 2008, persönliche Mitteilung)**

<b>Fundplatz- bezeichnung</b>	<b>Datierung</b>	<b>Alter</b>	<b>m (n)</b>	<b>f (n)</b>	<b>MI</b>	<b>Region/ Herkunft</b>	<b>Literatur</b>
Kelheim	700- 950AD	>12a	34	29	117	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Unterigling	750- 850AD	>10a	96	85	113	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
<b>Petersberg</b>	<b>950- 1450AD</b>	<b>&gt;20a</b>	<b>107</b>	<b>37</b>	<b>289</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>vorliegende Arbeit</b>
Zeholfing Horizont 1	1000- 1300AD	>12a	26	30	87	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006



Das Petersberger Material unterscheidet sich bezüglich des Männeranteils von den mittelalterlichen Friedhöfen Kelheim und Unterigling, die im Rahmen des Projektes Altbaiern untersucht wurden (Strott 2006). Das mittelalterliche Zeholfing diente als Zusatzvergleich (Strott 2006). Ein Maskulinitätsindex von 289 wird von keinem der drei Bestattungsplätze erreicht.

Die Geschlechterverteilung der Petersberger Kinder und Jugendlichen zeigt ebenfalls einen leichten **Überschuss an männlichen Individuen**. Allerdings liegt der Anteil von nicht bestimmbar Individuen hier bei 50%. Obwohl die Methode der Winkelmessung am geschlechtsdifferenten Felsenbein eine Erfolgchance von 77% zeigt (Graw 2001, Graw 2005), waren bei vielen kindlichen Individuen nur Langknochen(fragmente) erhalten und folglich eine Geschlechtsbestimmung nicht möglich. Eine Aussage bezüglich des soziobiologischen Hintergrundes wie bei Strott (2006) kann deshalb hier nicht getroffen werden. In Unterigling sind beispielsweise 56% der verstorbenen Kinder bis zwölf Jahre als *weiblich* und nur 30% als *männlich* befundet worden. In diesen Fällen wird argumentiert, dass Mädchen aktiv oder passiv vernachlässigt worden seien, was zu einer erhöhten Anzahl weiblicher Kinderskelette auf dem Friedhof führe (Hotz 2004, Strott 2006). Strott (2006) argumentiert, dass im Mittelalter männliche Nachkommen aufgrund ihrer größeren Arbeitskraft eine höhere Wertschätzung erfuhren. Dies konnte zwar durch Preston (1976) für Populationen von Ackerbauern postuliert werden. Allerdings ist die Idee, soziologische Phänomene alleine an Leistung und Arbeitskraft zu bemessen ein modernes ökonomisches Paradigma, das sich nicht einfach auf das Mittelalter übertragen lässt. Auf dem Petersberg ist im Gegensatz dazu sogar ein leichter Überschuss an männlichen kindlichen Individuen im Skelettmaterial zu beobachten. Dies würde ebenfalls für das Vorhandensein eines Klosters sprechen, da Buben oft schon in jungen Jahren in die Obhut eines Klosters gegeben wurden (Goetz 1994).

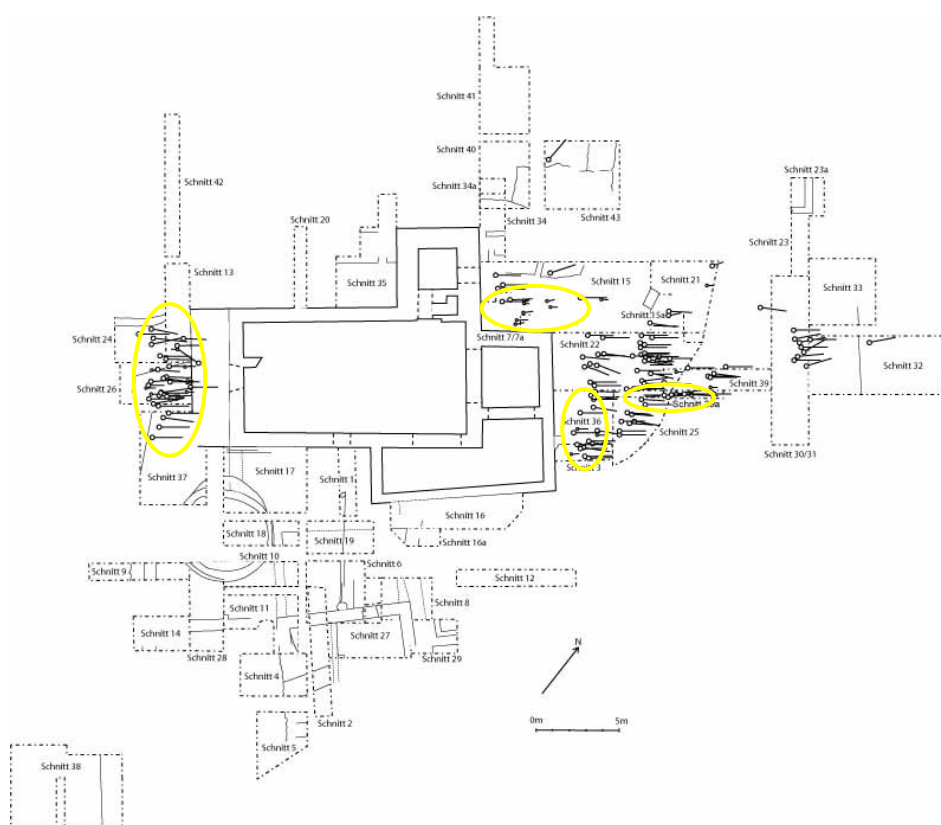
### 7.1.3) Altersverteilung

Die acht biografisch dokumentierten Individuen der kleinen Sulzbürger Stichprobe weisen mittleres Lebensalter von 36 Jahren auf. In der Sterbealtersverteilung nehmen Kinder der Altersklasse *Infans I* 23,82% (davon 9,52% neonat) ein, Kinder der Altersklasse *Infans II* liegen bei 4,76%, Adulte bei 28,57%. Erstaunlicherweise ist bei den Wolfsteinern trotz ihres hohen sozialen Status ein **relativ hoher Prozentsatz an Kindern** unter den Bestatteten der Gruft. Diese stammen wahrscheinlich hauptsächlich aus der fünften und damit letzten Generation der Familie (siehe Materialteil 3.2.2). Mit dem letzten Spross der Familie, Friedrich Wilhelm August, starb die Linie der Wolfsteiner aus. Möglicherweise gerieten die Wolfsteiner im Kampf um Ressourcen innerhalb der Adelsschicht ins Hintertreffen, was sich auf lange Sicht auf ihre körperliche Konstitution niederschlug.

Betrachtet man die Sterbealtersverteilung des gesamten Petersberger Friedhofs, fällt der **relativ hohe Anteil von Kindern unter einem Jahr** auf (16,59%). Dieses Ergebnis kommt durch einen besonders hohen Anteil dieser Kinder im Westteil (31,75%) und im Nordostteil (31,03%) zustande. Im Südostteil sind nur 6,15% der Skelette Kleinstkindern zuzuordnen. Einer der Hauptgründe für eine Unterrepräsentation von Kinderskeletten in prähistorischen Gräberfeldern ist die Grabungstechnik (Langenscheidt 1985, Schultz 1989), wobei dieser Effekt als „Kleinkinderdefizit“ bekannt und bereits vielfach diskutiert wurde. Im Falle des Grabungsareals vom Petersberg wird jedoch nicht von einem Kleinkinderdefizit ausgegangen.

Die Clusterbildung der Kleinstkinder lässt eher vermuten, dass es sich hier um einen **bevorzugten Bestattungsort für Kinder** handelte. Bei der Clusterbildung für das gesamte Friedhofsareal fällt auf, dass sich Kleinstkinder sogar innerhalb der drei Friedhofsareale West, Nordost und Südost meist in bestimmten Gebieten befinden

(siehe Abbildung 117). Dabei sind viele dieser Individuen nahe der Kirche, in der ersten Reihe zu finden. Diese Bestattungsplätze stellten im Mittelalter privilegierte Friedhofsareale dar. Eine Erklärung für dieses Phänomen könnte allerdings auch der Brauch der „**Traufkindbestattungen**“ sein (Ulrich-Bochsler 1990). Ein ungetauft gestorbene Kind galt demnach im Mittelalter als mit der „Ersünde“ behaftet. Damit stand ihm theoretisch auch kein Bestattungsplatz in geweihtem Boden zu, sondern lediglich ein Platz außerhalb des Friedhofs (*Locus secretus*). Gemäß der damaligen Jenseitsvorstellung kamen diese Ungetauften in eine Art Vorhölle für Kinder, in den *Limbus puerorum* (Ulrich-Bochsler 1997). Zudem galten ungetaufte Kinder als bedrohlich, da ihnen nachgesagt wurde, den Lebenden Schaden, zum Beispiel in Form von Unwettern oder Seuchen zufügen zu können. Besonders die Eltern solcher Kinder kamen in eine schwierige Lage, da man sie für Notlagen und Unglücksfälle verantwortlich machen konnte. Um dies zu umgehen, wurden tote ungetaufte Kinder nahe der Kirche bestattet, damit das vom Kirchendach tropfende Regenwasser die „verlorenen Seelen“ nachträglich taufe. Dieses Regenwasser galt durch seine Berührung mit dem Kirchendach als geweiht. Ulrich-Bochsler (1997) beschreibt auch mittelalterliche Wallfahrtsorte für Totgeburten, an denen tote Kinder für eine kurze Zeit zum Leben erweckt und dann getauft werden konnten. Solche Orte sind aus der Schweiz, Frankreich, Belgien, Oberitalien, Österreich und dem süddeutschen Raum bekannt. Meist handelt es sich dabei jedoch um Marienwallfahrtsorte. Vom Petersberg ist dieses Brauchtum allerdings nicht überliefert, obwohl er durchaus Ziel vieler Wallfahrten war und bis heute noch ist (Later 2003).



**Abbildung 117: Clusterbildung der Kleinstkinder unter einem Jahr**

Der Anteil der ein- bis dreijährigen am gesamten Skelettmaterial liegt mit 4,93% deutlich niedriger als jener der Kleinstkinder unter einem Jahr (16,59%). Für die drei- bis sechsjährigen und die neun- bis zwölfjährigen liegt die Sterbealtersverteilung bei 1,35%. Eine leichte Erhöhung zeigt sich mit 2,24% in der Altersklasse von sechs bis neun Jahren. Dies könnte daran liegen, dass im Mittelalter Kinder ab diesem Alter als erwachsen galten und nun für sich selbst sorgen mussten (Arnold 1987, Goetz 1994). Sie verließen den Kreis der Familie, was mit massiven Existenzproblemen und daraus resultierenden Todesfällen verbunden sein konnte. Eine besondere Clusterbildung der Individuen ab dem Sterbealter von einem Jahr bis zu einem Sterbealter von zwölf Jahren konnte nicht gefunden werden. Individuen dieser Altersklassen kommen weder konsequent in bestimmten Reihen oder Entfernungen zur Kirche vor, noch sind sie am Rand von Bestattungensembles zu finden.

Bei der Betrachtung der Altersgruppe der in jugendlich Verstorbenen fällt auf, dass die Sterbealtersverteilung über den gesamten Petersberg betrachtet zwischen 15 und 20 Jahren im Vergleich zur vorhergehenden Altersklasse erneut ansteigt (2,69%). Auch liegen die Individuen dieser Altersklasse meist in zweiter Reihe und damit noch weiter weg von der Kirche. Im Westteil des Friedhofs liegen sie im Vergleich zu den anderen Individuen am äußersten Rand. Dasselbe lässt sich auch im Südostteil (Schnitt 3) beobachten. Dies könnte darauf hindeuten, dass Jugendliche in der mittelalterlichen Gesellschaftsstruktur des Petersbergs eher minder privilegiert waren. Bestattungen von Individuen dieser Altersklasse im Südostareal des Friedhofs könnten ebenfalls auf eine **Klosterzugehörigkeit** hindeuten; zwölf- bis 15jährige konnten durchaus Mitglieder einer Klostergemeinde sein (Goetz 1994).

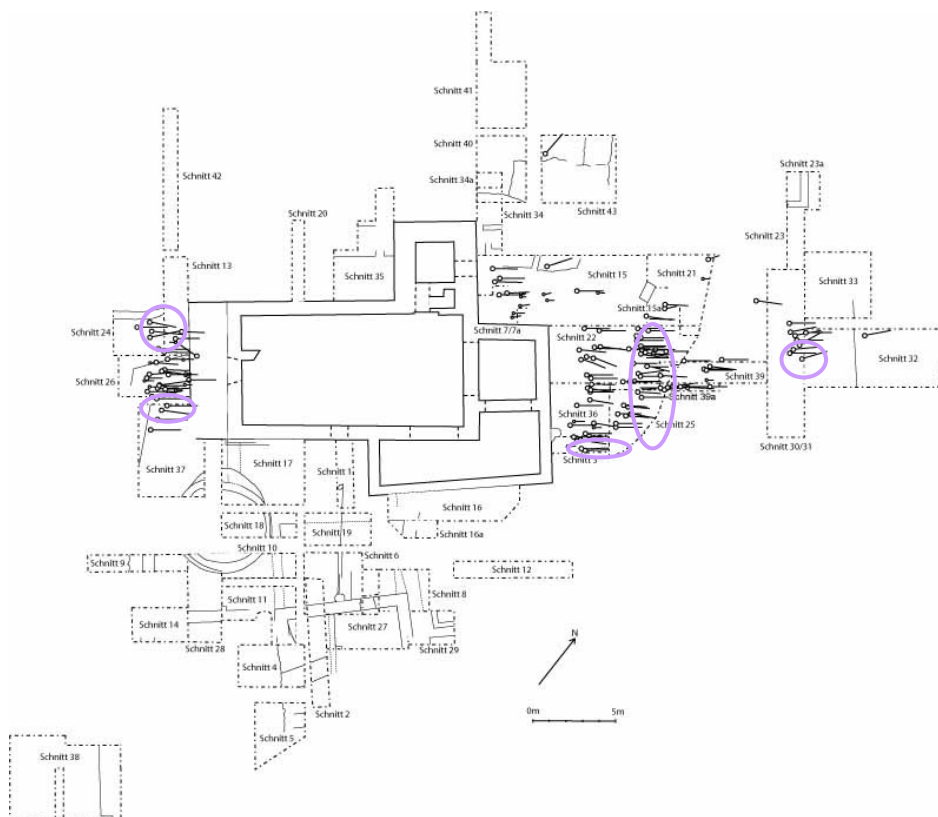


Abbildung 118: Clusterbildung der Jugendlichen von 12 bis 20 Jahren

In Tabelle 36 wird die Kindersterblichkeit verschiedener Fundplätze des Projektes Altbaiern verglichen.

**Tabelle 36: Vergleich der Kindersterblichkeit verschiedener mittelalterlicher Fundplätze**  
(für Strott 2006 gilt: Inf I = ein bis vier Jahre, Inf II = fünf bis 14 Jahre).  
(Datierungen von Meier 2008, persönliche Mitteilung)

Fundplatz- bezeichnung	Datierung	neonat	Inf I	Inf II	Region/ Herkunft	Literatur
Kelheim	700- 950AD	11%	21%	15%	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Unterigling	750- 850AD	10%	20%	13%	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
<b>Petersberg</b>	<b>950- 1450AD</b>	<b>17%</b>	<b>23%</b>	<b>4%</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>vorliegende Arbeit</b>
Zeholfing Horizont 1	1000- 1300AD	2%	17%	10%	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006

Auffallend für den Petersberg sind der **hohe Prozentsatz an Kleinstkindern unter einem Jahr und der geringe Anteil von Kindern der Altersklasse Infans II**. In der Altersklasse Infans I ist eine leichte Erhöhung gegenüber Kelheim, Unterigling und Zeholfing festzustellen. Dies könnte allerdings daran liegen, dass die Daten bei Strott (2006) nur eine Altersspanne von bis zu vier Jahren repräsentieren. Dieses Problem könnte auch bei dem Vergleich der Altersklasse Infans II auftreten, bei Strott (2006) durch fünf- bis 14jährige repräsentiert, hier durch sechs- bis zwölfjährige. Vergleicht man die Kindersterblichkeit mit Gräberfeldern, an denen dieselbe Alterseinteilung erfolgte, erkennt man die herausragende Rolle des Petersberges als Bestattungsort: Bei einem Franziskanerkloster in Flensburg, einer Gründung des 13. Jahrhunderts, sind lediglich 4,5% der gestorbenen Individuen der Altersklasse *Infans I* und 9% der Altersklasse *Infans II* zuzuordnen (Gebhardt 2003). Neonate Individuen wurden hier überhaupt nicht gefunden. Ein

untersuchtes Kloster in Schleswig (13. bis 16. Jahrhundert) zeigt ebenfalls lediglich eine Rate von 5,1% für Individuen der Altersklasse *Infans I* und 8,2% für *Infans II* (Caselitz 1983). Diese Daten entsprechen am ehesten den Ergebnissen des Südostareals, wo ein Klosterfriedhof gewesen sein könnte. Der Nordostteil und der Westteil des Friedhofs weisen allerdings einen Anteil der Kinderskelette am gesamten Skelettmaterial von 41% für Individuen der Altersklasse *Infans I* und ca. 6% für Individuen der Altersklasse *Infans II* auf. Betrachtet man diese beiden Friedhofsareale separat, erhöht sich der Anteil für *Infans I* und *Infans II* auf fast 50%. In Abbildung 119 sind die auf dem Petersberg geborgenen Kinderskelette mit dem Maskulinitätsindex korreliert.

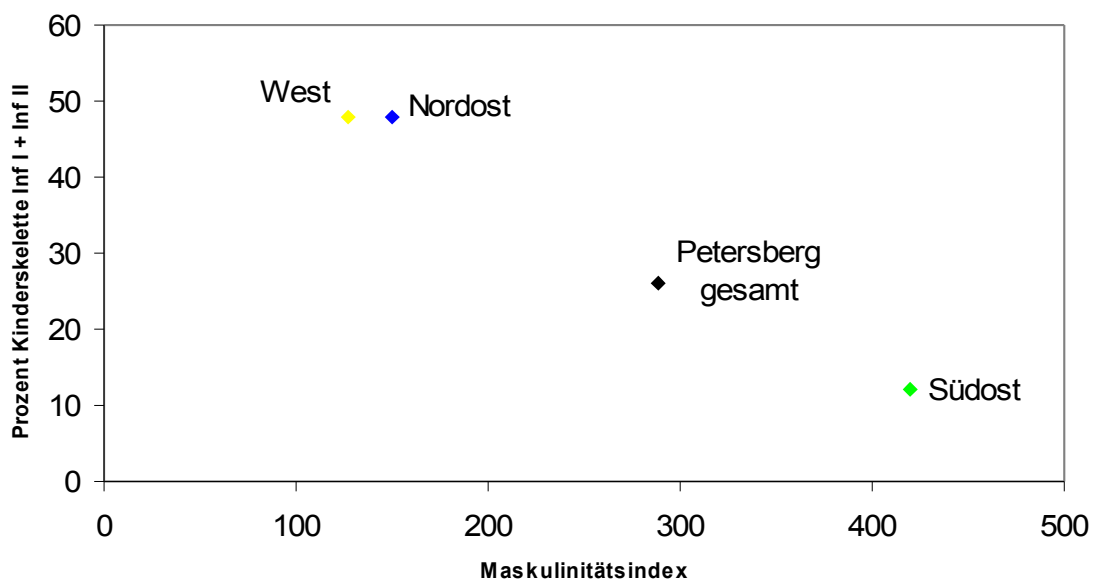


Abbildung 119: Abhängigkeit des Anteils geborgener Kinderskelette vom Maskulinitätsindex

Bei Grupe (1989 in Herrmann et al. 1990) ist diese Korrelation ebenfalls zu beobachten, allerdings handelt es sich dort in der Regel bei entsprechenden Maskulinitätsindizes um nur halb so viele Kinder. Abbildung 119 verdeutlicht zudem, wie inhomogen das Bestattungsareal des Petersberges zusammengesetzt ist. **Bei den drei Friedhofsarealen handelt es sich um mindestens zwei verschiedene demografisch zusammengesetzte**

„Populationen“, wobei der geringe Kinderanteil und der hohe Maskulinitätsindex im Südostareal eindeutig auf eine maßgebliche Nutzung als Friedhof für die Mönche hinweisen.

Der Sterbegipfel der erwachsenen Individuen liegt zwischen 35 und 40 Jahren (7,62%), allerdings zeigen die mangels TCA morphologisch gröber gefassten Altersklassen höhere Anteile an Verstorbenen (9,87% von 30 bis 50 Jahren; 8,52% von 40 bis 60 Jahren und 8,97% von 50 bis 70 Jahren). Bei einer Umrechnung aller erwachsenen Individuen in grobe Altersklassen ergibt sich ein deutlicher Sterbegipfel von 30 bis 50 Jahren (30,49%). Der Umstand der einerseits feineren Gliederung der Sterbealtersklassen aufgrund der Ergebnisse der TCA und der andererseits gröberen morphologischen Einteilung stellt ein Problem bei der Sterbegipfelbestimmung dar. Um diesem Problem im Folgenden beizukommen, werden nur die maximalen prozentualen Daten diskutiert.

Der Sterbegipfel der männlichen Individuen des gesamten Petersberges liegt bei 30 bis 50 Jahren (13,07%), der der weiblichen Individuen bei 35 bis 40 Jahren (3,92%). Der Sterbegipfel aller Erwachsenen des Westareals liegt ohne erkennbaren geschlechtsspezifischen Zusammenhang mit 30 bis 40 Jahren (12,70%) im Durchschnitt des gesamten Petersberges. Die Anzahl erwachsener Individuen im Nordostareal ist zu gering, um eine valide Aussage über den Sterbegipfel treffen zu können. Auffällig ist hier neben dem allgemein hohen Frauenanteil der hohe Prozentsatz junger Frauen zwischen 20 und 25 Jahren (12,5%). Diese Daten könnten auf die **erhöhte Sterbewahrscheinlichkeit junger Frauen im Mittelalter aufgrund von Geburten** hindeuten. Tatsächlich ist aus dem Nordostareal eine Frau samt zweier Babys zu ihren Füßen geborgen worden. Mohr et al. (1998/99) konnten mittels DNA-Analyse plausibel machen, dass es sich bei dieser Dreifachbestattung um eine Mutter mit ihren Zwillingen handeln könnte. Der Sterbegipfel der erwachsenen Individuen liegt im Südostareal gleichermaßen zwischen 30 und 50 Jahren und zwischen 40 und 60 Jahren (jeweils 13,85%). Dies bedeutet im Vergleich zu den



Daten des gesamten Petersberges eine leichte Erhöhung des Sterbegipfels. Im Hinblick auf die Geschlechterverteilung im Südostteil haben die dort liegenden Frauen im Durchschnitt einen niedrigeren Sterbegipfel als die dortigen Männer. Der Großteil der Frauen verstarb in einem Alter von 20 bis 45 Jahren.

Betrachtet man alle erwachsenen *in situ*- Individuen, liegt der Sterbegipfel bei 35 bis 40 Jahren (11,43%). Erstaunlicherweise zeigt der **Sterbegipfel der Männer ein relativ junges Alter**, er liegt zwischen 25 und 30 Jahren (10,45%). Die *in situ*- Frauen haben ihren Sterbegipfel zwischen 35 und 40 Jahren. Das ist relativ ungewöhnlich, wenn aufgrund des Geburtsrisikos von einem früheren Sterbegipfel der Frauen ausgegangen wird. Herrmann & Grupe (1986) postulieren allerdings, dass dem vorzeitigen „Verschleiß“ von Frauen durch die Erfüllung ihrer „reproduktiven Rolle“ ein zu großes Gewicht beigemessen wird. Auch die Wochenbettsterblichkeit werde häufig überschätzt, sie hätte demnach vor der Entdeckung der Antibiotika nur bis zu zwei Prozent zur Gesamtsterblichkeit der Frauen beigetragen. Helmuth (1977) postuliert einen Zusammenhang des früheren Sterbegipfels bei Frauen mit dem Konstitutionstyp.

Der Sterbegipfel der erwachsenen Individuen im Verwurf liegt hingegen zwischen 30 und 50 Jahren. Hier konnte häufig nur in die groben morphologischen Sterbealterklassen eingeteilt werden. Weibliche Individuen sind im Vergleich mit der Anzahl der männlichen Individuen fast zu vernachlässigen. Dies könnte ein weiteres Indiz für die Mönche des Klosters auf dem Petersberg sein, die sich vorwiegend in den zeitlich früher bestatteten *adulten*, *maturen* und *senilen* Männern wieder fänden.

### 7.1.4) Körperhöhe und Indices

#### *Die Körperhöhe*

Ein Vergleich der Mittelwerte der Petersberger Körperhöhen mit Bennike (1985) ergibt, dass die **Frauen mit 161cm genau im mittelalterlichen Körperhöhendurchschnitt** liegen. Die **Männer hingegen liegen mit 170cm etwas unter dem Durchschnitt**, der laut Bennike (1985) bei liegt 173cm. Allerdings handelt es sich bei diesen Skelettserien um dänisches Material. Wurm (1987) gibt für Männer im deutschen Mittelalter durchschnittliche Körperhöhen von 170cm bis 174cm an, wobei diese in Süddeutschland in der Regel kleinere Werte erreichen als in Norddeutschland. Damit entsprechen die Petersberger Daten völlig den bekannten Werten zu Körperhöhen im Mittelalter.

Mit Pb 833 weist genau jener Mann vom Petersberg die größte Körperhöhe auf, dem mit einem Schwert die Kalotte abgeschlagen wurde. Eventuell hatte dieses Individuum aufgrund seiner Körpergröße im Krisenfall eine gewisse Schutzfunktion inne.

**Tabelle 37: Vergleich der Körperhöhen verschiedener mittelalterlicher Fundplätze**

<b>Fundplatz- bezeichnung</b>	<b>Datierung</b>	<b>Männer</b>	<b>Frauen</b>	<b>Region/ Herkunft</b>	<b>Literatur</b>
Kelheim (n=50)	700- 950AD	171 ± 4,5	162 ± 4,6	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Unterigling (n=156)	750- 850AD	170 ± 6,0	?	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
<b>Petersberg (n=89)</b>	<b>950- 1450AD</b>	<b>170 ± 4,4</b>	<b>161 ± 3,0</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>vorliegende Arbeit</b>
Zeholfing Horizont 1 (n=29)	1000- 1300AD	174 ± 5,0	163 ± 2,2	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006

Die Petersberger Körperhöhen liegen im Vergleich mit Kelheim und Unterigling im mittelalterlichen Durchschnitt, nur Zeholfing (Horizont 1) zeigt größere Individuen. Dies könnte entweder an einer besseren Ernährungssituation der Zeholfinger oder an genetischer Prädisposition liegen.

Bei einem Vergleich der Gräberareale des Petersbergs untereinander stellt sich heraus, dass die männlichen Individuen des Südostareals im Schnitt am größten waren, die Männer des Westareals am kleinsten. Wenn im Südostareal tatsächlich ehemalige Mönche liegen, sprächen die Daten für einen im Vergleich zu den Individuen des Tals oder der umliegenden Bergbauernhöfe besseren Zugang zu proteinreicher Nahrung oder einer genetischen Prädisposition. Voraussetzung wäre hier allerdings, dass die Individuen ins Kloster kamen, solange sie sich noch im Wachstum befanden. Die Tatsache, dass eine Klosterkarriere durchaus im *Infans*- Alter beginnen konnte, beschreibt Goetz (1994).

Die weiblichen Individuen zeigen andere Werte: Hier liegen die größten Individuen, im Gegensatz zu den Männern, im Westareal, die kleinsten Individuen sind im Nordostteil zu finden. Relativ sicher ist, dass es sich bei den weiblichen Individuen des Südostareals nicht um Mitglieder des Klerus (Nonnen) handelt, denn hier werden weibliche Bestattungen aus der Zeit nach dem Niedergang des Klosters vermutet. Die Versorgung mit Nahrungsmitteln könnte sich auch zwischen dem hohen Mittelalter und dem späten Mittelalter verändert haben. Als Hypothese sind die „späten“ Frauen des Ostareals nach dem (wirtschaftlichen) Niedergang der Klosteranlage dort bestattet worden. Folglich wird mit einer Verschlechterung der Ernährungssituation argumentiert, was mit den historischen und archäologischen Quellen konform gehen würde. Leider sind keine sicher identifizierbar „späten“ Männer für einen Vergleich und eine Verifizierung bzw. Falsifizierung dieser Aussage vorhanden. Im Westareal fehlen spätere Bestattungen und im (Süd-)ostareal sind diese schwer von den früheren Bestattungen zu unterscheiden (Meier 2008, persönliche Mitteilung).

Im Gegensatz zu dem Material vom Petersberg liefern die Bestattungen aus der Gruft von Sulzbürg hinsichtlich physischer Merkmale nur wenige Daten und Anhaltspunkte. Der einzige adulte Mann mit zuverlässig bestimmbarer Körperhöhe, Hans Adam, liegt mit 173cm in der Streubreite der Werte vom Petersberg wie auch anderer Vergleichsbevölkerungen (siehe oben). Zwei weibliche Individuen (Beata Friederike , 144cm und Elisabeth, 152cm) liegen unterhalb der Vergleichswerte. Da hier lediglich zwei Individuen vorliegen bleibt die Repräsentativität offen.

#### *Der Humerus-Längen-Dicken Index*

Bei der Auswertung des Humerus-Längen-Dicken Index sieht man, dass die **männlichen Individuen im Durchschnitt rechtshändig, die weiblichen dagegen linkshändig** sind (nicht signifikant). Rechts und links korrelieren sehr hoch miteinander; das bedeutet, die Maße der *Humeri* der Individuen unterscheiden sich kaum. Allerdings unterscheiden sich die Indizes der Männer mehr als die der Frauen, was darauf hindeutet, dass die Männer mehr „einseitige“ Tätigkeiten verrichteten. Folglich sind ihre Muskelansatzstellen am rechten *Humerus* stärker ausgebildet als am linken. Die Tätigkeiten der am Petersberg begrabenen Frauen scheinen beide Arme relativ gleich gefordert zu haben, eventuell mit einer geringen Tendenz zur Linkshändigkeit. Hier könnte man auf bestimmte Tätigkeiten schließen oder postulieren, dass die Frauen abwechslungsreichere Arbeiten verrichteten, bei denen sie beide Arme gleich benötigten. Vorstellen könnte man sich hier bestimmte Hausarbeiten wie beispielsweise Kochen.

Aufgrund der geringen Datenmenge können keine validen Aussagen für eine Unterscheidung der drei Gräberareale getroffen werden. Die Tendenz einer leichten Rechtshändigkeit der Männer und einer leichten Linkshändigkeit der Frauen lässt sich für jedes der drei Areale beobachten.

### *Der Femur-Robustizitäts-Index*

Die Auswertung des Femur-Robustizitäts-Index ergibt eine **im Durchschnitt größere Ausprägung der linken Femora im Vergleich zu den rechten**, sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Individuen (nicht signifikant). Der rechte und der linke Femur sind in beiden Geschlechtern sehr hoch korreliert, was bedeutet, dass sich beide Seiten kaum unterscheiden. Allerdings findet man auch hier bei den Männern größere Unterschiede zwischen rechts und links, was wiederum auf „einseitigere“ Tätigkeiten hindeutet. Bei den Frauen ist dies kaum zu beobachten. Bei dem Individuum Pb 637 ist der linke Femur-Robustizitäts-Index besonders hoch (14,7). Dieses Individuum fiel schon bei der Befundung durch besonders starke Muskelansatzstellen (leider ist nur der linke *Humerus* vorhanden) und vor allem durch die ausgeprägte *Linea aspera* links (1,1cm hoch) auf. Beides spricht für eine extrem einseitige Belastung der linken Seite. Am Petersberg könnte man sich beispielsweise eine landwirtschaftliche Tätigkeit und/oder das Arbeiten am Hang vorstellen.

Die geschlechterspezifischen Seitenunterschiede der Femur-Robustizitäts-Indizes finden sich auch bei einer separaten Betrachtung der drei Gräberareale wieder. Allerdings haben hier die männlichen Individuen des Westareals die größten Indizes für die linke Seite. Bei den Frauen hingegen gibt es in keinem der Friedhofsareale eine eindeutige Seitenpräferenz. Dieses Ergebnis könnte darauf hindeuten, dass die Männer des Westareals im Vergleich zu den männlichen Individuen der anderen Areale besonderen Arbeitsbelastungen standhalten mussten. Dies ginge auch mit den Daten der Humerus-Längen-Dicken-Indizes konform (allerdings handelt es sich hier um fünf Individuen). Kombiniert man beide Datensätze miteinander, kann eine besonders einseitige Belastung bei Männern aus dem Westareal postuliert werden. Bei diesen Individuen könnte es sich um Bergbauern aus der Umgebung des Petersberges handeln.

---

*Der Femur Index Platymericus*

Bei der Auswertung des Femur Index Platymericus fällt der hohe Anteil weiblicher *in situ*-Individuen auf, die sich im platymeren und sogar hyperplatymeren Bereich (Index <75) befinden. Je niedriger das Verhältnis von sagittalem zu transversalem Femurdurchmesser ist, desto stärker wurde das Bein belastet. Dies spricht für **starke Muskelbelastungen an den Femora der Frauen** und lässt eventuell auf **größere Mobilität** schließen. Besonders treten dabei zwei weibliche Individuen des Nordostareals hervor (Pb 83, Pb 335). Als möglicher Interpretationsansatz könnte hier eine verstärkte Mobilität der Petersberger Frauen dienen, welche ziemlich sicher der ruralen Bevölkerung angehörten und folglich weite Strecken zurücklegen mussten. Allerdings bliebe dann zu fragen, warum die Männer der ruralen Bevölkerungsschicht nicht ebenfalls so niedrige Indizes aufweisen. Wären die Frauen des mittelalterlichen Petersberges mobiler gewesen als die Männer, könnte man in einer solchen Situation vielleicht von Arbeitsteilung sprechen.

Die Indizes aus dem Verwurf zeigen allerdings ein entgegengesetztes Muster. Hier sind kaum weibliche Individuen hyperplatymer, dafür einige der männlichen Individuen. Auch der Mittelwert der Männer aus dem Verwurf liegt im platymeren Bereich, der Mittelwert der Petersberger Frauen im, beziehungsweise an der Grenze zum eurymeren Bereich. Möglicherweise hat sich hier über die Zeit ein Wandel vollzogen und man könnte von einer geringeren Mobilität der zeitlich früher beerdigten Frauen sprechen, die bei späteren Frauengenerationen nicht mehr zu beobachten, beziehungsweise in eine stärkere Mobilität übergegangen ist.

Bei den Männern kann ebenfalls ein solcher Wandel, wenn auch nicht so ausgeprägt, beobachtet werden. Hierbei muss beachtet werden, dass im Verwurf wahrscheinlich viele Mönche erfasst sind. Einige Individuen des Verwurfes sind im hyperplatymeren Bereich; sie waren folglich ebenfalls sehr mobil oder haben ihre Oberschenkelmuskeln stark beansprucht. Diese Hyperplatymerie ist bei den männlichen *in situ*- Individuen nicht zu

beobachten. Demzufolge müssten die Männer des Verwurfs, die eventuell die Mönche repräsentieren, mobiler gewesen sein als die männlichen *in situ*- Individuen. Allerdings kann hier keine klare Differenzierung zwischen Mönchen und beispielsweise Bergbauern getroffen werden, da nicht geklärt werden kann, ob und wie viele der *in situ* aufgefundenen Männer ebenfalls Mönche waren.

### 7.1.5) Epigenetische Merkmale

Durch die Untersuchung der epigenetischen Merkmale wurde versucht, eine Aussage über Verwandtschaft und Aktivitätsmuster der Petersberger zu erhalten.

#### *Sutura metopica*

Metopismus wird genetisch vererbt; die Frequenz in historischen Populationen aus Deutschland beträgt 11,5% (Brothwell 1981; Hanihara & Ishida 2001). Historisches Skelettmaterial aus Frankreich zeigt eine Frequenz von 14,9% (Hauser & DeStefano 1989). Die Schädel des Petersberges zeigen eine **Frequenz von 9,6%**, wobei Frauen (15,4%) eine höhere Frequenz haben als Männer (8,9%). Diese Ergebnisse könnten darauf hindeuten, dass die Frauen möglicherweise häufiger miteinander verwandt waren als die Männer. Wird bei vielen der männlichen Individuen des Petersberges eine Klosterzugehörigkeit vermutet, ist eine enge Verwandtschaftsbeziehung (beispielsweise Vater/Sohn) zwischen ihnen ohnehin eher unwahrscheinlich. Die höchste *Sutura metopica*- Frequenz ist im Nordostareal (12,5%) zu finden, dort, wo wahrscheinlich keine Mönche, sondern vermehrt Kinder und Frauen beerdigt wurden.



**Abbildung 120: Pb 365, 25- bis 30-jähriger  
Mann des Nordostareals mit Sutura metopica**

Erstaunlicherweise liegt die Häufigkeit von Metopismus im Westteil (8,8%) niedriger als im Südostteil (9,5%). Ein signifikanter Unterschied besteht zwischen den Schädeln des Verwurfs (5,5%) und Schädeln, die *in situ* (14,7%) aufgefunden wurden. Dies unterstreicht die Hypothese, wonach die Individuen des Verwurfs hauptsächlich als Mönche anzusehen seien und die zeitlich später dort beerdigten Individuen aus Siedlungsphase 3 und der Zeit danach stammen (Later 2003). Einige der *in situ*- Individuen könnten folglich durchaus verwandt sein. Bei einer Clusterbildung über den Friedhof mit Hilfe des archäologischen Grabungsplans sind jedoch keine direkten Verwandtschaftsverhältnisse zu vermuten.



In der kleinen Gruppe von Individuen aus Sulzbürg ließ sich als einziges epigenetisches Merkmal ein erheblicher Überbiss am Unterkiefer feststellen, der zumindest bei zwei Individuen (beide männlich) zu beobachten war. Hinweise auf eine *Sutura metopica* ergaben sich nicht.

### *Akzessorische Gelenkflächen*

Die **Frequenz von Hockerfacetten am Petersberg ist mit knapp 39%** mit Daten von mittelalterlichen französischen Skelettserien vergleichbar (Boulle 2001). Besonders Friedhöfe mit frühmittelalterlichen Datierungen bis ins 12. Jahrhundert haben Hockfacetten-Frequenzen von 45 bis 38%. Friedhöfe ab dem 14. Jahrhundert zeigen deutlich niedrigere Frequenzen von 27% bis 0% (rezentes Material). Dies wird damit erklärt, dass die Position des Hockens im Mittelalter weit verbreitet war. In dieser Position kann das Körpergewicht durch minimale Muskelkraft gehalten werden, während sie dennoch eine relativ komfortable Sitzposition darstellt. Erst durch das Einführen von Möbeln wie Tischen und Stühlen wurde die Angewohnheit des Hockens langsam zurückgedrängt. Als weitere Hypothese könnte der Wechsel der handwerklichen Tätigkeiten vom frühen zum späten Mittelalter sein. Im frühen Mittelalter versorgte sich jeder Haushalt selber mit Töpfen und Textilien, die oft im Hocken hergestellt wurden. Im späten Mittelalter sind diese Handwerke an Spezialisten gebunden, der Bedarf wird über den Markt gedeckt (Meier 2008, persönliche Mitteilung).

Die drei Friedhofsareale **unterscheiden sich bezüglich der Hockfacetten-Frequenz sehr signifikant**. Die Individuen des Westareals haben gegenüber jenen des Nordost- und Südostteils einen erhöhten prozentualen Anteil (sehr signifikant), er beträgt knapp 61%. Solch hohe Werte sind aus der Literatur sonst nur von südafrikanischen Bauern (5. bis 19. Jahrhundert AD) bekannt. Da diese Populationen die Haltung vermehrt während ihrer täglichen Verrichtungen einnehmen, müssen ähnliche Mechanismen auch bei den Individuen des Westareals auf dem Petersberges vorhanden gewesen sein. Eine tägliche

Aufgabe könnte beispielsweise Kochen am offenen Feuer auf dem Boden gewesen sein. Die Individuen des Westareals unterscheiden sich bezüglich ihrer vermehrten Hockposition sehr signifikant von den Individuen des restlichen Friedhofes. Das jüngste Individuum des Westteils datiert um 1211 AD, was vermuten lässt, dass ein Großteil der befundenen Individuen die Nahrung noch auf einer ebenerdigen Feuerstelle zubereitete (Spiong 2007).

Dagegen kommt die **Reiterfacette nicht so häufig vor wie die Hockfacette**: Sie konnte an knapp 26% aller untersuchten Individuen festgestellt werden. Das Aktivitätsmuster des Reitens wird weit weniger erwartet als das Hocken; dies soll aber nicht unbedingt ausschließen, dass die Reiterfacette nicht auch durch andere Belastungen entstehen kann als das Reiten. Voraussetzung für das Entstehen einer solchen Facette ist, dass bei einer gespreizten Beinhaltung (Adduktion und Außenrotation) ein starker Druck nach innen aufgebracht wird. Einen Unterschied zwischen den drei Friedhofsarealen bezüglich der Reiterfacette gibt es kaum, folglich wurde von allen auf den drei Arealen beerdigten Individuen eine solche Bewegung ausgeführt. Es gibt allerdings nur wenige Hinweise auf Pferde auf dem Petersberg (Bischler 2006). Allerdings könnte der leicht erhöhte Anteil von Reiterfacetten bei Individuen aus dem Verwurf gegenüber Individuen *in situ* auf Pferde, Reiten oder Adel der „frühen“ Petersberger hindeuten.

### 7.1.6 Paläopathologie

#### *Karies und intra vitaler Zahnverlust*

Die **Kariesintensität des Petersberges liegt mit knapp 7%** ähnlich der Daten für Vieh- und Ackerbauern (8,16%) oder Mönche und Nonnen (7,65%) bei Caselitz (1998), der Karies im soziokulturellen Kontext betrachtet hat. Auch Slaus (2000) gibt für rurales spätmittelalterliches Material (Kroatien, 1400 bis 1800 AD) eine Kariesintensität von circa 9% an. Eine mittelalterliche dänische Skelettserie zeigt hingegen nur einen Wert von 3,7%

(Bennike 1985). Die Kariesintensität zwischen Frauen (10,96%) und Männern (5,78%) unterscheidet sich höchst signifikant, aber nicht deren Kariesfrequenzen (44,44% Männer vs. 46,15% Frauen). Dies bedeutet, dass die Petersberger Frauen meist mehr kariöse Zähne pro Individuum hatten als die Männer. Tatsächlich sind einige weiblich Individuen mit massivem Kariesbefall mehrerer Zähne aufgefallen (Pb 498, Pb 567, Pb 644, Pb 733). Auch bei Bennike (1985) haben vom Neolithikum bis ins Mittelalter weibliche Individuen höhere Kariesintensitäten und Kariesfrequenzen; eine Erklärung hierfür wurde nicht gefunden. Eine genetische Komponente scheint, auch für die Frauen des Petersberges, aber nicht unwahrscheinlich. Die Intensität und Frequenz von *intra vitam* Zahnverlust ist bei den Frauen ebenfalls höher als bei den Männern. Die Intensität des gesamten Friedhofs liegt mit knapp 10% im Vergleich mit Caselitz' (1998) Vieh- und Ackerbauern (10,91%) fast gleich.

Die Kariesfrequenz des gesamten Petersberger Friedhofs liegt mit circa 45% wiederum weit über dem mittelalterlichen dänischen Material (27,50%) (Bennike 1985). Caselitz (1998) hingegen gibt für das europäische Mittelalter eine durchschnittliche Kariesfrequenz von ca. 50% an (Vieh- und Ackerbauern 48%, Mönche/Nonnen 49%). Die postulierten Mönche des Südostareals weisen mit circa 43% im Gegensatz zum West- (50%) und Nordostareal (47%) die niedrigste Kariesfrequenz auf. Auch die Frequenz an *intra vitam* Zahnverlust ist hier signifikant niedriger als in den beiden anderen Arealen. Vor allem die Daten des Westteiles zeigen höchst signifikante Unterschiede in der Intensität von *intra vitam* Zahnverlust. Hier stechen vor allem die Individuen Pb 642, Pb 900 und Pb 938 hervor, die so genannte „Greisenspannen“ zeigen. Das Individuum Pb 900 (siehe Abbildung 121) wies allerdings laut TCA erst ein Individualalter von 45 bis 50 Jahren auf.



**Abbildung 121: Maxilla mit intra vitalem Zahnverlust  
(die Incisivi gingen postmortal verloren)**

Die *in situ*- Individuen weisen eine signifikant höhere Kariesfrequenz und -intensität auf als die Individuen des Verwurfs. Dies könnte einerseits methodische Ursachen haben, da kariöse Zähne lockerer im Kieferknochen sitzen können und somit vor allem beim Verwurf leichter abhanden kommen. Ein signifikanter Unterschied bezüglich *intra vitalen* Zahnverlustes ist nicht zu erkennen. Andererseits könnte die höhere Kariesfrequenz und Kariesintensität einen Wandel der Nahrungsgewohnheiten andeuten, der über die Jahrhunderte stattgefunden haben könnte. Dies könnte ein vermehrter Konsum von niedermolekularen Kohlehydraten (Zucker) gewesen sein, allerdings hat der Verzehr von Zucker aus Zuckerrohr oder Zuckerrüben erst ab dem 16. Jahrhundert eingesetzt. Dies wäre nach dem Ende der Nutzung des Petersberger Friedhofs. Es ist jedoch sicher, dass zu dieser Zeit dort Honig zur Verfügung stand (Schmitt, in Vorbereitung). Es könnte aber auch sein, dass es über die Zeit zu einer Verschlechterung der Mundhygiene kam und die Mönche des Verwurfs tatsächlich eine Art Zahnhygiene betrieben. Dies würde auch zu dem niedrigen Kariesbefall und *intra vitalen* Zahnverlust im Südostareal passen.

### *Läsionen am Schädel*

10,7% der Schädel der auf dem Petersberg beerdigten Individuen zeigen Schädelläsionen. Dies ist etwa doppelt so viel, wie bei Untersuchungen an mittelalterlichem dänischem Material gefunden wurde (Bennike 1985). Obwohl hier Gesichtsfrakturen in die Berechnungen einbezogen wurden, hatten nur 5,1% des untersuchten Skelettmaterials Schädelfrakturen (n=79). Auch spätmittelalterliches serbisches Material zeigt mit 6,7% (n=267) verglichen mit dem Petersberg einen geringeren Prozentsatz (Djuric et al. 2006).

Auffällig ist auch der Unterschied zwischen Männern und Frauen, wobei 12% der männlichen und nur 5% der weiblichen Individuen verheilte oder unverheilte Traumata am Schädel zeigen (nicht signifikant). Auch Bennike (1985) kann dieses Phänomen über mehrere Epochen hinweg beobachten. Dies kann mit der Risikobereitschaft oder dem Aggressionspotential begründet werden, das bei Männern grundsätzlich höher liegt als bei Frauen (Rudolph & Tschohl 1977).

Ein hoher Anteil von 13% der Individuen im Südostareal weist Schädelverletzungen auf, im Gegensatz zu 0% im Nordosten und 8% im Westteil. Da im Südostareal des Friedhofs die Mönche des Petersberger Klosters vermutet werden, spiegelt sich ein historisch und archäologisch postulierter Überfall auf das Kloster möglicherweise in den Traumata dieser Individuen wider. Nach dem Andechser Missale wurde das Kloster 1296 AD zerstört; die Archäologen können in das 13. und 14. Jahrhundert Kampfhandlungen datieren. Ein besonders gut erhaltenes männliches Skelett (Pb 833) aus dem Südostteil des Friedhofs zeigt beispielsweise einen Kalottenabschlag durch ein Schwert (*letal*) und datiert in diese Zeit (siehe Abbildung 122). Das herausgebrochene Kalottenstück war *in situ* am Schädel. Möglicherweise gibt es einen Zusammenhang zwischen der Zerstörung des Klosters und den Schädelverletzungen. Theoretisch könnten einige der Individuen mit Anzeichen von Gewalt aus dem Kloster stammen, zumal die meisten der Schädelläsionen aus dem Südostareal und/oder dem Verwurf stammen.



**Abbildung 122: Pb 833, Schädel mit Schwertverletzung der Ossa parietalia**



**Abbildung 123: Pb 833, das herausgebrochene Kalottenstück**

Bezüglich der Verteilung in rechts und links ist erstaunlicherweise keine dominante Seite zu erkennen, wäre doch zumindest für das *Os frontale* eine Häufung auf der linken Seite zu erwarten gewesen, wenn ein Schlag von einem Rechtshänder ausgeführt wurde. Bei den *Ossa parietalia* kann diese Einteilung in rechts oder links nicht ohne weiteres vorgenommen werden, da nicht bekannt ist, ob ein Schlag von vorne oder hinten ausgeführt wurde. Nach dem Ziehen einer imaginären Trennlinie sieht man, dass auf dem Petersberg insgesamt etwas mehr Traumata des hinteren als des vorderen Schädels vorkommen und vor allem, dass der Großteil dieser Läsionen wahrscheinlich *letal* war. Nach den Untersuchungen (siehe Ergebnisse, Abbildungen 72 und 73) können Schädelverletzungen durch einen Sturz („Hutkrempe“regel“) ausgeschlossen werden. An vielen betroffenen Schädeln sind Hiebsspuren von scharfen Gegenständen, beispielsweise Schwertern, zu detektieren. Aber auch die Einwirkung stumpfer Gewalt kann an einigen Individuen nachgewiesen werden. Aufgrund der Verletzungen am Hinterkopf könnte man eine Art Hinrichtung und/oder Fluchtsituation der betroffenen Individuen postulieren (persönliche Mitteilung Prof. Graw, Institut für Rechtsmedizin München).

Verknüpft mit den historischen und archäologischen Kenntnissen könnten diese Ergebnisse durchaus in **Verbindung mit der Zerstörung des Klosters** stehen. Eine Clusterung über den gesamten Friedhof ergibt kein bestimmtes Areal, in dem die Individuen mit letalen Schädelverletzungen bevorzugt beigesetzt wurden. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass viele der Individuen aus dem Verwurf stammen und die ursprüngliche Bestattungslage nicht mehr rekonstruiert werden kann.



*Knochenfrakturen des postcranialen Skeletts*

Die prozentuale Verteilung von Traumata der postcranialen Skelette am Petersberg zeigt das **klassische Muster einer ländlichen Bevölkerungsstruktur**. So ist die *Clavicula* mit knapp 3% der am häufigsten betroffene Knochen. Der *Humerus* ist mit nur einem Individuum der am seltensten betroffene Knochen. *Patella* und *Pelvis* zeigen überhaupt keine Traumata. Dieser Trend ist bei einer ruralen englischen Skelettserie des 10. bis 12. Jahrhunderts aus Raunds ebenfalls zu beobachten (Judd & Roberts 1999). Eine Korrelation der Knochenfrakturen mit dem Geschlecht und Alter der Individuen ist am Petersberger Material mangels Datenmenge nicht sinnvoll. Judd & Roberts (1999) begründen die vielen *Clavicula*-Frakturen als Folge von Stürzen aus größeren Höhen mit einem Aufprall auf der Schulter (siehe Abbildung 124).



Abbildung 124: Pb 820, rechte Clavicula, nach verheilter Fraktur um ca. 2cm verkürzt



Stürze aus größeren Höhen können, wenn der Schwung mit den Beinen aufgefangen wird, Frakturen der *Tibiae* und *Fibulae* verursachen. Dieses Muster ist auch für die Individuen des Petersberges typisch, wobei geringere Frequenzen an *Fibula-* und *Scapulafrakturen* sicher auf die fragilen und schlecht erhaltenen Skelettelemente zurückzuführen sind. Ein Fall mit *Tibia*-Läsion weist die eindeutigen Spuren einer Amputation auf. Leider wurde die linke *Tibia* im Verwurf (Schnitt 22) gefunden, so dass keine weiteren Aussagen über dieses Individuum möglich sind. Wahrscheinlich handelte es sich hier um einen Mann. Das *distale* Ende ist um ca. fünf Zentimeter verkürzt und die Kallusbildung zeigt, dass es sich hier um eine Heilungsreaktion handelt. Wie genau es zu dieser Amputation kam, kann nicht geklärt werden. Da das Individuum wohl ursprünglich im Südostareal begraben wurde und männlich ist, könnte auf eine Zugehörigkeit zu der Gemeinschaft der Mönche geschlossen werden. Das würde wiederum bedeuten, dass der Mann wohl in das soziale Leben des Petersberges integriert war und deshalb nicht als „Sonderling“ oder am Rande des Friedhofs bestattet worden ist.

Grauer & Roberts (1996) untersuchten Traumata urbaner Populationen (u.a. St. Helen-on-the-Walls, 1100 bis 1550 AD) und fanden dort eine hohe Frequenz an *Humerus-* und *Radiusfrakturen*. Im Vergleich dazu ist auf dem Petersberg nur eine *Humerusfraktur* zu finden. *Radius-* und *Ulnafrakturen* wurden am Petersberg in *Parier-* und *Collesfrakturen* unterteilt; alle drei *Parierfrakturen* sind im Südostareal zu finden. Da *Parierfrakturen* durch eine Abwehrhaltung entstehen, bei der der Arm bei einem Angriff schützend vor das Gesicht gehalten wird, könnte dies ein weiterer Hinweis auf die Zerstörung des Klosters sein. Allerdings handelt es sich bei allen drei Traumata um verheilte Frakturen mit Kallusbildung, was bedeutet, dass die betroffenen Individuen die Verletzung überlebt haben. Interessanterweise können alle drei Individuen als männlich identifiziert werden, was wiederum für eine Klosterzugehörigkeit spräche.

---

*Cribra orbitalia* und porotische Hyperostosen des Schädeldaches

*Cribra orbitalia* und porotische Hyperostosen wurden herangezogen, um die Gesamtbelastung (z.B. Krankheit, Mangelerkrankung, insbesondere chronische Anämie) der auf dem Petersberg beerdigten Individuen zu untersuchen. Die prozentualen Anteile bei männlichen (*Cribra* 17,9% und porotische Hyperostosen 32,5%) und weiblichen (18,8% bzw. 31,3%) Individuen unterscheiden sich kaum. Dies impliziert, dass Männer und Frauen einer ähnlichen Gesamtbelastung unterworfen, also auch einer ähnlichen Ernährungs- und Krankheitssituation ausgesetzt waren. Erstaunlicherweise zeigen die Petersberger Frauen im Vergleich zu den Männern keine höhere *Cribra orbitalia*- Rate, zumal *Cribra orbitalia* als Anzeichen speziell für eine chronische Anämie steht. Da Frauen durch menstruationsbedingten Blutverlust und/oder Schwangerschaften einen erhöhten Eisenbedarf besitzen (Herrmann & Grupe 1986, Strott 2006), hätte man bei ihnen folglich eine erhöhte *Cribra orbitalia*- Rate erwartet. So dürften andere Ursachen wie chronische Infektionen und/oder chronischer Nahrungsmangel die Porose an den Orbitae bzw. den Kalotten bedingt und somit den „natürlichen“ weiblichen Eisenmangel „überdeckt“ haben. Signifikante Geschlechterunterschiede sind beispielsweise bei nativen kanadischen Populationen von 1750 bis 1850 AD gefunden worden (Cybulski 1977). Porotische Hyperostosen der *Tabula externa* traten prozentual häufiger auf als die *Cribra orbitalia*. Dies könnte bedeuten, dass den beiden Läsionstypen unterschiedliche Pathomechanismen zugrunde liegen.

Vergleicht man die drei Friedhofsareale, lässt sich ein auffällig **hoher Anteil von *Cribra orbitalia* im Nordostareal** erkennen. Dieses Ergebnis spricht für eine hohe Gesamtbelastung der dort beerdigten Individuen. Eine Möglichkeit wäre, dass hier die sozial benachteiligten Individuen beerdigt wurden. Individuen mit porotischen Hyperostosen auf der *Tabula externa* finden sich dagegen besonders häufig im Südostareal. Ebenso ist ein Unterschied zwischen *in situ*- Individuen und Individuen aus dem Verwurf

zu erkennen: Bei den Individuen *in situ* ist sowohl eine höhere *Cribrā orbitalia*- als auch eine höhere *porotische Hyperostosen*-Frequenz zu finden. Folglich waren die zeitlich früher auf dem Petersberg beerdigten Individuen einer geringeren Gesamtbelastung ausgesetzt als die später dort Bestatteten. Diese Ergebnisse sprechen auch hier für eine Verschlechterung der Lebensbedingungen (nach dem Niedergang des Klosters). In Siedlungsphase 2 (1100 bis 1300 AD) fällt die Blütezeit des Klosters. In Siedlungsphase 3 (1250 bis 1600 AD) gibt es einen Rückgang qualitätvoller Stücke und massives Auftreten von Waffenbestandteilen und Schutzbewaffnung (Later 2003). Diese historisch-archäologischen Ergebnisse könnten mit der postulierten erhöhten Gesamtbelastung der dort zeitlich später beerdigten Individuen einhergehen.

Da *Cribrā orbitalia* vor allem bei Kindern und Jugendlichen als Stressindikator gilt, wurden diese Altersgruppen gesondert betrachtet. Bei einem Alter von bis zu einem Jahr liegt die *Cribrā orbitalia*-Frequenz bei 41%. Sie fällt dann bis zu einem Alter von sechs Jahren auf 29% ab, in der Altersklasse *Infans II* steigt sie erneut auf 60% an. Ein ähnlicher Trend ist auch bei Zink (1999) zu erkennen, der Kinder aus Altenerding in Bayern (500 bis 700 AD) untersucht hat. Allerdings steigt dort die *Cribrā orbitalia*-Frequenz kontinuierlich an. Hier wird als Möglichkeit für das erhöhte Erkrankungsrisiko der Wegfall des mütterlichen Immunschutzes durch das Abstillen genannt. Auch bei Lewis (2002), die mehrere mittelalterliche und postmittelalterliche Gräberfelder untersucht hat, ist die höchste *Cribrā orbitalia*-Frequenz in Altersklassen von 2,6 bis 6,5 Jahren zu finden.

Am Petersberg hingegen gibt es im Vergleich zu Gräberfeldern aus der Literatur bereits eine hohe Frequenz bei den Unter-einjährigen. Das Ansteigen der Frequenz ab einem Alter von sechs Jahren könnte als Ursache den mittelalterlichen Übergang von Kindheit in die Erwachsenenwelt haben. Ein Individuum lief spätestens im Alter von sieben Jahren Gefahr, den Kreis der Familie verlassen und von nun an selbst für seinen Lebensunterhalt sorgen zu müssen (Arnold 1987, Goetz 1994). Freilich waren zu dieser Zeit der Stress und

die Gesamtbelastung für das Individuum besonders hoch. Dies kann sich körperlich beispielsweise in Form von einer erhöhten Anfälligkeit für Infektionen aufgrund verschlechterter Ernährungssituation auswirken und als *Cribra orbitalia* am Skelett manifestieren. Im Jugendalter von zwölf bis 20 Jahren steigt die *Cribra orbitalia*-Frequenz auf einen Maximalwert von 67%. In Abbildung 125 ist eines dieser Individuen zu sehen. Dabei muss allerdings erwähnt werden, dass es sich hier nur um drei Individuen aus dieser Altersklasse handelt, die mindestens eine *Orbita* zeigten.



**Abbildung 125: Pb 67, 15- bis 18-jähriges Mädchen mit stark ausgeprägter *Cribra orbitalia***

Den größten Prozentanteil an *Cribra orbitalia* zeigen die Kinder, die im Südostareal bestattet wurden (50%). Laut Harris-Matrix der Archäologen (siehe Abbildungen 132 und 133) sind die Kinder in den zeitlich jungen Schichten bestattet. Sie stammen wahrscheinlich aus der Zeit nach dem Niedergang des Klosters und kommen aus der Umgebung des Petersberges. Zu diesem Zeitpunkt (Siedlungsphase 3) gibt es Hinweise darauf, dass es den Bewohnern nicht mehr so gut ging wie früher. Es scheint, dass die

zeitlich später beigesetzten Individuen und vor allem die Kinder aus dem Südostareal unter einer großen Gesamtbelastung litten. Die Kinder und Jugendlichen des Nordostteils stehen ihnen bezüglich des Gesundheitsstressses jedoch kaum nach. Alleine die Kinder und Jugendlichen aus dem Westteil des Friedhofs scheinen mit knapp 36% der geringsten Gesamtbelastung unterworfen gewesen zu sein. Statistisch ist dieser Unterschied nicht signifikant, zeigt aber einen Trend an. Wie schon bei allen Individuen zu erkennen war, haben auch die Kinder und Jugendlichen des Westteils die geringste Frequenz an *Cribra orbitalia*. Möglicherweise waren die Individuen, die dort beerdigt wurden, einer geringeren Gesamtbelastung unterworfen und/oder es handelte sich hier im Vergleich zu den anderen Friedhofsarealen um besser gestellte Individuen. Dies könnten einerseits Mitglieder einer Adelsfamilie oder Angehörige reicher Bauernhöfe sein.

### *Paläopathologische Befunde an den Gruft-Bestattungen aus Sulzbürg*

Die geringe Anzahl von Individuen aus der Gruft von Sulzbürg ergibt nur wenige pathologische Befunde. Im Gegensatz zu den Bestattungen vom Petersberg waren die Wolfsteiner jedoch teilweise mumifiziert, so dass einige weichteilpathologische Untersuchungen durchgeführt werden konnten. Diese ergaben einen teilweise typischen Organerhalt von spezifischen Organstrukturen wie den Lungen. Die –zunächst radiologisch vermuteten– Hilus-Verkalkungen erwiesen sich dabei als stark anthrakotisch veränderte Lymphknoten ohne Verkalkungen. Dieser Befund ist typisch für einen häufigen und langen Aufenthalt in Räumen mit offenem Feuer, bei dem es zur Inhalation von Rußpartikeln kommt. Als weiterer isolierter pathologischer Befund konnte bei einem Individuum ein lokalisierter osteolytischer Defekt des Schädels beobachtet werden, wie er typischerweise bei einem eosinophilen Granulom (Langerhans-Zell-Histiozytose) des Knochens auftritt. Die Assoziation zwischen diesem Granulom der Kalotte und einem großen dentogenen Abszess lässt die Vermutung zu, dass das Individuum, Elisabeth von

Wolfstein, an einer mehr oder weniger ausgeprägten Immundefizienz mit systemischer Sepsis, ausgehend von dem dentogenen Abszess, litt. Hinweise auf *Cribra orbitalia*, *porotische Hyperostose* oder Traumafolgen lagen in dieser Gruppe von Individuen nicht vor.

## **7.2) Molekularbiologische Untersuchung**

### **7.2.1) Amplifikation humaner DNA**

Die Analyse von genetischer Information bietet vielfältige Informationen über Individuen, Bevölkerungsgruppen und spezifische Krankheitserreger. Im vorliegenden Fall wurden Untersuchungen an den Populationsgruppen aus Sulzbürg und des Petersberges vorgenommen. Dabei war ein Ziel, zunächst amplifizierbare DNA aus dem historischen Material zu gewinnen. Dies wurde anhand eines 202bp großen Segments des humanen  $\beta$ -Actin Gens überprüft. Dabei waren fünf Proben vom Petersberg und sieben aus Sulzbürg positiv, diese enthielten also in jedem Fall amplifizierbare DNA.

### **7.2.2) Amplifikation mykobakterieller DNA und Restriktionsenzymverdau**

Das Ziel der molekularbiologischen DNA-Analyse war die Untersuchung auf Erreger DNA des *Mycobacterium tuberculosis*-Komplexes in historischen Knochen. Dabei waren drei von 21 Proben aus Sulzbürg und zwei von fünf Knochenproben (einschließlich des Rindes) vom Petersberg positiv, d.h. mit DNA des *M. tuberculosis*-Komplexes durchsetzt. Die Spezifität der Amplicons wurde in allen Fällen mittels Restriktionsenzymverdau mit Hae III verifiziert. Die Panzerpleura-Proben (Pb 71, Pb 661) zeigten wider Erwarten kein Amplifikationsprodukt der IS6110 Sequenz, obwohl sie das 202bp große Segment des  $\beta$ -Actin-Gens vorweisen. Entweder sind in der Kalkschwarte keine Reste von Mykobakterien erhalten oder es war keine Tuberkulose, die zur Verkalkung des Gewebes

führte. Im Gegensatz zu Donoghue et al. (1998) und Spigelman & Donoghue (1999), die mykobakterielle DNA an kalzifizierten Pleuraplaques nachweisen konnten, ließ sich in den beiden hier vorliegenden Fällen keine mykobakterielle aDNA identifizieren. Da die tuberkulöse Pleuritis auch ausgeprägte sekundäre, das heißt nicht unmittelbar durch die Bakterien induzierte, entzündliche Veränderungen aufweisen kann, ist ein negativer molekulargenetischer Befund nicht ungewöhnlich und hinreichend gut erklärbar. Außerdem können auch Lungenentzündungen (*Pneumonie*) oder Traumata (z.B. *Hämatothorax, Pneumothorax*) die Ursache einer Panzerpleura sein (Behrendt 1930). Dennoch sollte in diesen Fällen über die Aussage „*Absence of Evidence is not Evidence of Absence*“ (Roberts & Buikstra 2003) reflektiert werden.

Die Individuen mit Anzeichen einer Hypervaskularisation der Wirbelkörper (Pb 577, Pb 635) waren dagegen an Tuberkulose erkrankt. Beide Individuen zeigen feinporöse *periostale* Auflagerungen, was von Haas et al. (2000a) als unspezifischer Hinweis auf Tuberkulose gewertet wird. Diese Symptome können also mit einer großen Wahrscheinlichkeit auch für andere Erkrankungen stehen. Herrmann et al. (1990) sprechen ebenfalls von einer Begleitung der Tuberkulose durch „feinporöse *periostale* Auflagerungen“ der Brust- und Lendenwirbel.

Die „unauffällige“ Probe Pb 854 und der Rinderwirbel Pb 362 ergeben keine molekularen Hinweise auf eine Tuberkulose-Erkrankung. Allerdings ist bei Pb 854 auch das Segment des  $\beta$ -Actin-Gens schwach amplifiziert worden. Die Rinderprobe zeigte erwartungsgemäß keine Amplifikation von  $\beta$ -Actin.

Die drei positiven Fälle aus Sulzbürg waren Friedrich Karl und Friederike Eleonore von Wolfstein, sowie ein nicht namentlich identifiziertes kindliches Individuum. Es kann keine paläoepidemiologisch statistisch signifikante Aussage bezüglich der Tuberkulose-Erkrankung getroffen werden, da die Stichproben zu klein sind.

Tabelle 38: analysierte Proben verschiedener Fundorte mit unspezifischen und unauffälligen Merkmalen

Morphologie	Herkunft	Zeit	Proben -anzahl	positive Fälle	Prozent	Literatur
unspezifisch	Abydos, Ägypten	1550-500BC	5	1	20%	Zink et al. (2007)
unspezifisch	Theben-West, Ägypten	2050-1650BC	12	3	25%	Zink et al. (2007)
unspezifisch	Theben-West, Ägypten	1500-500BC	20	4	20%	Zink et al. (2007)
Periostale Reaktionen (Langknochen)	Rain am Lech, Deutschland	1400-1800AD	22	5	23%	Zink et al. (2005)
<b>unauffällig</b>	<b>Sulzbürg, Deutschland</b>	<b>1570-1728 AD</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>14%</b>	<b>diese Arbeit</b>
<b>unspezifisch</b>	<b>Petersberg (Flintsbach am Inn), Deutschland</b>	<b>950-1450 AD</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>40%</b>	<b>diese Arbeit</b>

Die geringe positiv getestete Individuenzahl macht einen direkten Vergleich schwierig. Das untersuchte ägyptische Material mit unspezifischen Merkmalen einer Tuberkulose-Erkrankung hat grundsätzlich eine ähnliche Frequenz (20 bis 25%) der detektierten IS6110-Sequenz wie die Petersberger und Sulzbürger Proben (14 bis 40%) und süddeutsches Material von Rain am Lech mit periostalen Reaktionen (23%). Sieht man von der Problematik der geringen Stichprobe ab, kann man in den verschiedenen Populationen durchaus vergleichbare Größenordnungen an Infektionen durch die „weiße Pest“ beobachten. Da nur etwa 5% der Tuberkulosepatienten eine Manifestation am Knochen aufweisen, ist in allen untersuchten Populationen –ägyptischen wie süddeutschen– von einer hohen Durchseuchungsrate auszugehen. Bei diesen Raten ist unter Annahme von



repräsentativen Daten mit einer Infektionsfrequenz von deutlich mehr als 50% der Bevölkerung zu rechnen. Tuberkulose war somit eine sehr häufige, populationsrelevante Infektionskrankheit verschiedener historischer Bevölkerungsgruppen. Weder die mittelalterliche Siedlung auf dem Petersberg noch die frühneuzeitlichen Adeligen aus Sulzbürg blieben von ihr verschont.

### ***7.3) Validität des Kollagens und der Messung der stabilen Isotope***

#### **7.3.1) Quantitative Auswertung der Kollagenanalyse**

Laut Ambrose (1993) weist „gut“ erhaltener Knochen mehr als 1% Kollagen im Verhältnis zu seinem Trockengewicht auf. Die 63 extrahierten humanen Gewebeproben vom Petersberg erfüllen dieses Qualitätskriterium bis auf eine Probe (Pb 710), die nicht für die Auswertung der stabilen Isotope herangezogen wurde. Der neue Mittelwert von  $2,40\% \pm 0,82$  wird *korrigierter* Mittelwert genannt (siehe Ergebnisse Tabelle 20). Ein Vergleich der Kollagen-Gewichtsprozente menschlicher Knochen verschiedener Fundplätze unterschiedlicher Datierungen wird in Tabelle 39 dargestellt.

Tabelle 39: Vergleich menschlicher Proben verschiedener Fundplätze (% der Einwaage Kollagen)

Fundplatzbezeichnung/ Probenanzahl	Datierung	% der Einwaage Kollagen	Region/ Herkunft	Literatur
Nevali Cori (n=56)	8000-3000BC	0,83± 0,59	Türkei/ Anatolien	Lösch 2003
Kelheim (n=70)	700- 950AD	1,87± 1,05	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Etting (n=15)	700 AD	1,97± 0,63	Süddeutschland/ Bayern	Czermak 2003
Unterigling (n=55)	750-850AD	3,81± 2,92	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
<b>Petersberg (n=63)</b>	<b>950-1450AD</b>	<b>2,36± 0,85</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>Diese Arbeit</b>
Zeholfing Horizont 1 (n=24)	1000-1300AD	2,51± 2,08	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Zeholfing Horizont 2 (n=6)	1300-1500AD	0,70± 0,81	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Flensburg (n=9)	1300-1600AD	5,29± 2,80	Norddeutschland/ Schleswig- Holstein	Harbeck 2006
Hemmingstedt (n=4)	1500AD	13,33± 4,08	Norddeutschland/ Schleswig- Holstein	Harbeck 2006

Abgesehen von den kollagenreichen mittelalterlichen norddeutschen Proben aus Flensburg und Hemmingstedt befinden sich die Proben des Petersbergs in Bezug auf die Kollagenausbeute im oberen Drittel. Die frühmittelalterlichen Unteriglinger Proben und die Proben aus Horizont 1 in Zeholfing liefern mit 3,81% und 2,51% etwas mehr Kollagen. Die Fundplätze Etting (1,97%) und Kelheim (1,87%) sowie Horizont 2 in Zeholfing (0,70%) ergeben eine geringere Ausbeute. Die neolithischen Proben aus Nevali Cori ergaben verhältnismäßig wenig Kollagen (0,83%). Für die Tabelle wurden jeweils unkorrigierte Werte herangezogen.

Da die Sulzbürger C/N-Isotopendaten ausschließlich aus Haarkeratin gewonnen wurden, liefern sie in diesem Zusammenhang keine Daten.

Die 36 extrahierten Tierknochen lieferten alle mehr als ein Gewichtsprozent Kollagen (siehe Tabelle 40).

**Tabelle 40: Vergleich der Tierproben verschiedener Fundplätze (% der Einwaage Kollagen)**

<b>Fundplatzbezeichnung/ Probenanzahl</b>	<b>Datierung</b>	<b>% der Einwaage Kollagen</b>	<b>Region/ Herkunft</b>	<b>Literatur</b>
Nevali Cori (n=63)	8000-3000BC	1,16± 0,76	Türkei/ Anatolien	Lösch 2003
Kelheim (n=22)	700- 950AD	1,09± 0,52	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Unterigling (n=15)	750-850AD	1,72± 2,08	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
<b>Petersberg (n=36)</b>	<b>950-1450AD</b>	<b>2,35± 1,08</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>diese Arbeit</b>

Erstaunlicherweise ergibt die Kollagenausbeute der Petersberger Tierknochen in Gewichtsprozent (2,35%) fast denselben Wert wie die der Petersberger Menschenknochen (2,36%). Tierknochenfunde aus Kelheim und Unterigling zeigten dagegen eindeutig geringere Ausbeuten.

Insgesamt kann bei der quantitativen Auswertung der Petersberger Proben von „gut erhaltenem Kollagen“ gesprochen werden, das bis auf eine Ausnahme (Pb 710) für die Analyse stabiler Isotope herangezogen werden kann.

### 7.3.2) Aminosäureanalyse

#### *Quantitative Analyse*

Für die stichprobenartige Auswahl von Proben für die Aminosäureanalyse wurden zehn extrahierte menschliche Kollagen-Proben ausgewählt. Hinsichtlich des Aminosäure-Ertrags pro 100mg Knochen liefern die zehn Petersberger Proben im Vergleich zu anderen Fundplätzen das beste Ergebnis (siehe Tabelle 41). Dabei ist zu beobachten, dass die Proben, die viel Lyophilisat liefern und eine entsprechend hohe Kollagenkonzentration haben, hinsichtlich ihrer Aminosäuren pro 100mg Knochen auch besonders ertragreich sind (Pb 289, Pb 659) (siehe Ergebnisse Tabelle 22). Die große Standardabweichung zeigt, wie stark sich das Knochenmaterial innerhalb eines Fundplatzes unterscheiden kann. Dafür kann es verschiedene Gründe geben, wobei insbesondere externe Umweltfaktoren und Liegezeit eine maßgebliche Bedeutung haben dürften. Viele der im Knochen ablaufenden Diageneseprozesse sind noch ungeklärt (Harbeck 2006).

**Tabelle 41: Vergleich menschlicher Proben verschiedener Fundplätze (nmol AS/100mg Knochen)**

<b>Fundplatzbezeichnung/ Probenanzahl</b>	<b>Datierung</b>	<b>nmol AS/100mg Knochen</b>	<b>Region/ Herkunft</b>	<b>Literatur</b>
Nevali Cori (n=30)	8000-3000BC	4498,00± 3196,31	Türkei/ Anatolien	Lösch 2003
Etting (n=15)	700 AD	965,15± 390,35	Süddeutschland/ Bayern	Czermak 2003
<b>Petersberg (n=10)</b>	<b>950-1450AD</b>	<b>8341,2± 3906,1</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>diese Arbeit</b>
Flensburg (n=8)	1300-1600AD	3535,65± 2303,66	Norddeutschland/ Schleswig- Holstein	Harbeck 2006
Hemmingstedt (n=3)	1500AD	4893,80± 3152,81	Norddeutschland/ Schleswig- Holstein	Harbeck 2006

### *Qualitative Auswertung*

Die Aminosäureanalysen fallen vor allem durch ihre erhöhten Hydroxyprolinwerte und erniedrigten Glycinwerte auf. Ähnliche Werte sind in Proben aus Etting und Hemmingstedt zu beobachten (Harbeck 2006). Sie werden hier nicht als „schlechtes Kollagen“ klassifiziert, sondern erhalten eine eigene Bezeichnung (Typ-H). Auch Grupe & Turban-Just (1998) beschreiben dieses Aminosäureprofil in Form von *super collagen* (Elster 1991 in Grupe & Turban-Just 1998). Elster et al. (1991) erklären den verminderten Glycinanteil in Kombination mit dem erhöhten Hydroxyprolinanteil als Aufarbeitungsartefakt. Übertriebenes Eindampfen der Proben führt zu einem Verlust von Glycin, da dieses flüchtiger ist als Hydroxyprolin (es besitzt nur zwei C-Atome im Gegensatz zu fünf C-Atomen bei Hydroxyprolin, siehe Einleitung Tabelle 1). Dieser Effekt kann auch in der vorliegenden Arbeit nicht ausgeschlossen werden, jedoch kommt bei Harbeck (2006) und Grupe & Turban-Just (1998) dieses Phänomen nur bei bestimmten Fundkomplexen vor. Als Ursache wird hier ein besonderer Kollagenstatus, zum Beispiel vermehrte *Cross-links* durch Autohumifizierung oder Huminstoffe genannt (Harbeck 2006).

Mittels Aminosäureanalyse können auch Bestandteile von Bakterien detektiert werden, wie zum Beispiel Muraminsäure, einer Aminosäure der bakteriellen Zellwandstruktur (Schlegel 1992). Da jedoch in keiner der Proben Muraminsäure oder andere bakterielle Aminosäuren gefunden wurden, kann eine Verunreinigung des Materials mit bakteriellen Aminosäuren ausgeschlossen werden.

In Tabelle 42 sind Mittelwerte der Qualitätskriterien der zehn Petersberger Proben und die Standardabweichung dargestellt.

Tabelle 42: Mittelwerte der Petersberger Proben (Qualitätskriterien für Kollagen)

	nmol AS/mg Protein	Gly	pro+OH- pro+ala	gly/glu	gly/asp	OH- pro/asp	asp/pro	asp+ser
<b>Mittelwert</b>	3767,3	24,8	50,5	3,7	5,6	6,3	0,5	7,2
<b>Stabw</b>	1918,8	2,3	6,7	0,3	3,2	5,1	0,4	5,6

In Bezug auf die Qualitätskriterien aus Tabelle 10 (Methoden) liefern die zehn Petersberger Proben mit einem Mittelwert von  $3767,3 \pm 1918,8$  nmol Aminosäuren pro mg Protein eine hervorragende Ausbeute. Es müssten lediglich mindestens 250 nmol Aminosäuren pro mg Protein vorhanden sein, um einen guten Kollagenerhalt zu repräsentieren. Die Abweichungen vom rezenten Kollagen (Glycin entspricht mit einem Viertel nicht dem Sollwert von einem Drittel; Prolin, Hydroxyprolin und Alanin betragen ebenfalls nicht den Sollwert von ca. einem Drittel, sondern machen je die Hälfte der Aminosäuren im Proben-Kollagen aus) sind von eher geringer Bedeutung, die übrigen Aminosäuren entsprechen dem erwarteten Umfang (Asparaginsäure, Serin nur 7,2 mol%, Glycin/Glutaminsäure-Verhältnis 3,7, Glycin/ Asparaginsäure 5,6, Hydroxyprolin/ Asparaginsäure 6,3, Asparaginsäure/ Prolin 0,5). Zusammenfassend kann bezüglich der Stichprobe der Aminosäureanalyse von „gutem Kollagen“ gesprochen werden.

### 7.3.3) Qualitative Auswertung der Kollagenanalyse

Die Kohlenstoff- bzw. der Stickstoffanteile sind prozentual auf das Kollagengewicht bezogen und geben keinen Hinweis auf die Kollagenquantität, sondern auf die Kollagenqualität. Rezentes Kollagen enthält ca. 43% Kohlenstoff und 15-16% Stickstoff mit einem C/N-Verhältnis von 3,2 (Ambrose 1993). Sowohl die Menschenknochen als auch die Tierknochen des Petersbergs kommen relativ nah an diese Werte heran. Das C/N-Verhältnis prähistorischer Knochen sollte zwischen 2,9 und 3,6 liegen (DeNiro 1985).

C/N-Verhältnisse, die größer als 3,4 sind, können eine Verunreinigung durch Huminsäuren oder andere kohlenstoffreiche Substanzen anzeigen (Kennedy 1988 in Ambrose 1993). Wenn die Kollagenkonzentration in historischem Knochenmaterial zu niedrig ist, das C/N-Verhältnis von den Richtwerten abweicht und die C- bzw. N-Konzentrationen im Kollagen zu niedrig oder zu hoch sind, sollte man die Probe nicht in die zu diskutierenden Daten der stabilen Isotope einbeziehen (Ambrose 1990). In Tabellen 43 sind die prozentualen Kohlenstoff- und Stickstoffanteile sowie das C/N-Verhältnis im Vergleich mit weiteren Fundplätzen dargestellt.

**Tabelle 43: Vergleich menschlicher Proben verschiedener Fundplätze (N%, C%, C/N)**

<b>Fundplatz- bezeichnung/ Probenanzahl</b>	<b>Datierung</b>	<b>N%</b>	<b>C%</b>	<b>C/N</b>	<b>Region/ Herkunft</b>	<b>Literatur</b>
Nevali Cori (n=56)	8000-3000BC	10,34± 4,31	28,71± 12,95	3,29± 0,77	Türkei/ Anatolien	Lösch 2003
Kelheim (n=70)	700- 950AD	11,57± 2,09	36,12± 6,80	3,61± 0,41	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Etting (n=35)	700 AD	12,86± 2,04	41,60± 7,03	3,78± 0,23	Süddeutschland/ Bayern	Czermak 2003
Unterigling (n=55)	750-850AD	12,79± 5,43	39,47± 16,42	3,62± 20,55	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
<b>Petersberg (n=63)</b>	<b>950-1450AD</b>	<b>12,13± 1,54</b>	<b>38,21± 4,93</b>	<b>3,68± 0,19</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>diese Arbeit</b>
Zeholfing Horizont 1 (n=25)	1000-1300AD	13,97± 2,26	40,91± 7,71	3,42± 0,37	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Zeholfing Horizont 2 (n=6)	1300-1500AD	10,65± 1,46	31,06± 6,44	3,37± 0,29	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Flensburg (n=9)	1300-1600AD	14,59± 4,74	44,42± 14,64	3,36± 0,82	Norddeutschland/ Schleswig-Holstein	Harbeck 2006
Hemmingstedt (n=4)	1500AD	15,26± 1,17	47,15± 5,09	3,60± 1,00	Norddeutschland/ Schleswig-Holstein	Harbeck 2006

Vergleicht man die prozentualen Stickstoff- und Kohlenstoffanteile des menschlichen Petersberger Kollagens mit jenen anderer Fundplätze, so liegt es im Durchschnitt und kann als „gutes Kollagen“ bezeichnet werden. Das etwas hohe C/N-Verhältnis kommt durch den relativ zum Stickstoffanteil höheren Kohlenstoffanteil zustande. Ein ähnliches Phänomen ist bei den Proben aus Kelheim, Etting und Unterigling zu beobachten.

**Tabelle 44: Vergleich tierischer Proben verschiedener Fundplätze (N%, C%, C/N)**

<b>Fundplatz- bezeichnung/ Probenanzahl</b>	<b>Datierung</b>	<b>N%</b>	<b>C%</b>	<b>C/N</b>	<b>Region/ Herkunft</b>	<b>Literatur</b>
Nevali Cori (n=63)	8000-3000BC	11,13± 3,77	32,96± 12,09	3,60± 1,35	Türkei/ Anatolien	Lösch 2003
Kelheim (n=22)	700- 950AD	12,49± 6,09	40,68± 17,62	4,01± 1,58	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Unterigling (n=15)	750-850AD	11,53± 3,33	34,89± 10,64	3,51± 0,30	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
<b>Petersberg (n=36)</b>	<b>950-1450AD</b>	<b>13,04± 1,07</b>	<b>42,47± 3,45</b>	<b>3,80± 0,22</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>diese Arbeit</b>

Vergleicht man das tierische Kollagen mit anderen Fundplätzen, ergeben sich für den Petersberg prozentuale Stickstoff- und Kohlenstoffwerte, die den rezenten Werten am nächsten kommen, bei allerdings erhöhtem C/N-Verhältnis. Dabei sind die prozentualen Anteile von Kohlenstoff und Stickstoff bei den Petersberger Tierknochen (nicht signifikant) größer als bei den Menschenknochen (Abbildung 126).



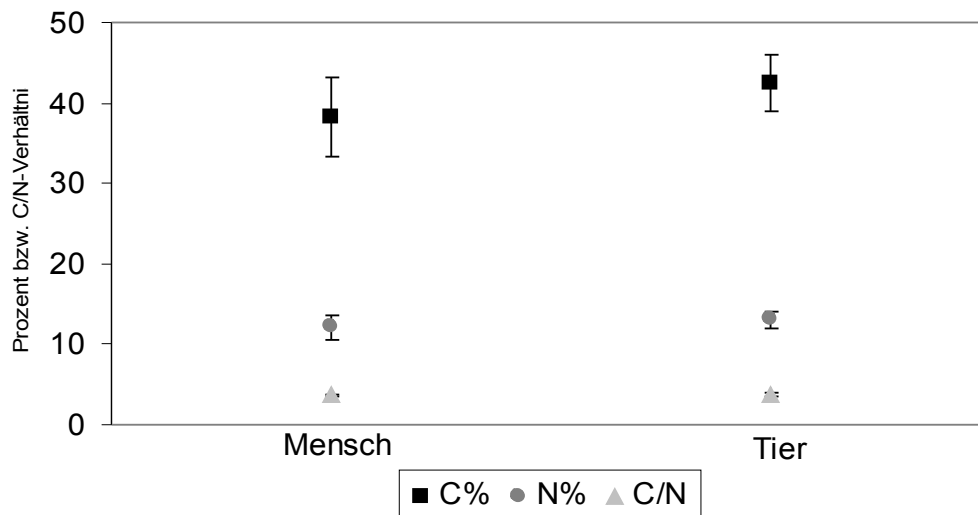


Abbildung 126: Der prozentuale Kohlenstoff- und Stickstoffanteil und das C/N-Verhältnis der Petersberger Menschen und Tiere

Zusammenfassend kann das extrahierte Kollagen als „gutes Kollagen“ bezeichnet werden. Sowohl der Vergleich mit Kollagen anderer Fundstellen als auch die Untersuchung verschiedenen Qualitätskriterien bestätigen dies. Folglich können für diese Arbeit, basierend auf eigener Laborerfahrung, C/N-Verhältnisse von 2,7 bis 3,9 akzeptiert werden.

#### 7.3.4) Quantitative Auswertung der Karbonat-Extraktion

Ausgewachsener Knochen besteht zu 70% aus anorganischem Material -dem Apatit und Hydroxylapatit  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (Sillen 1989). Apatit enthält etwa zwei bis vier Gewichtsprozent Karbonat (Mays 2000).

Der prozentuale Anteil anorganischer Knochensubstanz im Verhältnis zum Knochengewicht liegt bei den Menschen des Petersberges (n=68) bei rund 63%, was näherungsweise dem erwarteten Wert von 70% entspricht. Auch die Tiere des Petersberges (n=24) liegen mit einem Mittelwert von 63,7% und einem Median von 65,1% nahe dem zu erwartenden Wert von 70%.

Addiert man den prozentualen Kollagenanteil der Proben zu dem jeweiligen prozentualen Anteil anorganischer Substanz, erreicht man nicht volle 100%. Die fehlende Differenz lässt sich durch Verschmutzungserscheinungen, adsorbiertes Karbonat und weitere organische Anteile (nicht-kollagene Proteine, Lipide) erklären. Diese Bestandteile wurden während der Extraktion entfernt.

**Tabelle 45: Vergleich menschlicher Proben verschiedener Fundplätze (% der Einwaage Karbonat)**

<b>Fundplatzbezeichnung/ Probenanzahl</b>	<b>Datierung</b>	<b>% der Einwaage Karbonat</b>	<b>Region/ Herkunft</b>	<b>Literatur</b>
Nevali Cori (n=20)	8000-3000BC	71,87± 4,97	Türkei/ Anatolien	Lösch 2003
Kelheim (n=13)	700- 950AD	54,30± 12,46	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Etting (n=9)	700AD	58,48± 14,22	Süddeutschland/ Bayern	Harbeck 2006
Unterigling (n=10)	750-850AD	53,24± 7,92	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
<b>Petersberg (n=68)</b>	<b>950-1450AD</b>	<b>63,30± 5,77</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>vorliegende Arbeit</b>
Zeholfing Horizont 1 (n=7)	1000-1300AD	50,12± 8,15	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Zeholfing Horizont 2 (n=4)	1300-1500AD	54,28± 3,67	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Flensburg (n=9)	1300-1600AD	58,04± 14,17	Norddeutschland/ Schleswig-Holstein	Harbeck 2006
Hemmingstedt (n=3)	1500AD	56,98± 11,20	Norddeutschland/ Schleswig-Holstein	Harbeck 2006

Vergleicht man die prozentuale Ausbeute anorganischer Substanz der Menschenknochen mit den anderen Fundplätzen, erkennt man, dass die Petersberger Proben mit 63,30% ± 5,77 neben Nevali Cori die beste Ausbeute liefern. Lösch (2003) argumentiert, dass

vergleichsweise wenig organische Substanzen im Knochen vorhanden waren und nach dessen Entfernung mit NaOCl folglich mehr anorganisches Material übrig blieb. Diese Hypothese kann hier nur teilweise bestätigt werden, vor allem bei den Fundplätzen Nevali Cori, Unterigling, Petersberg, Zeholfing Horizont 1, Flensburg und Hemmingstedt. Nur Kelheim, Etting und Zeholfing Horizont 2 zeigen niedrigere Kollagenausbeuten als die Petersberger Proben und ebenfalls niedrigere Ausbeuten anorganischer Substanz.

**Tabelle 46: Vergleich der Tierproben verschiedener Fundplätze (% der Einwaage Karbonat)**

<b>Fundplatzbezeichnung/ Probenanzahl</b>	<b>Datierung</b>	<b>% der Einwaage Karbonat</b>	<b>Region/ Herkunft</b>	<b>Literatur</b>
Nevali Cori (n=24)	8000-3000BC	66,95± 4,37	Türkei/ Anatolien	Lösch 2003
Kelheim (n=10)	700- 950AD	63,83± 4,98	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
Unterigling (n=10)	750-850AD	62,01± 3,22	Süddeutschland/ Bayern	Strott 2006
<b>Petersberg (n=24)</b>	<b>950-1450AD</b>	<b>62,68± 9,94</b>	<b>Süddeutschland/ Bayern</b>	<b>vorliegende Arbeit</b>

Auch durch die Fundplätze Nevali Cori, Kelheim und Petersberg wird die oben genannte Hypothese bestätigt, allerdings haben die Unteriglinger Tierproben geringere Kollagen- und Ausbeuten anorganischer Substanz.

Weitere Qualitätskontrollen wie C%, N% und C/N im Kollagen existieren für das strukturelle Karbonat derzeit nicht.

## 7.4) Ernährung (stabile Kohlenstoff- und Stickstoff-Isotope)

### 7.4.1) Das Friedhofskollektiv vom Petersberg

Die Spanne zwischen dem Minimalwert und dem Maximalwert der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der erwachsenen Individuen (>20a) beträgt 3,94‰, was eine Trophiestufe darstellt. Diese liegt meist zwischen 3 und 6‰, im Mittel jedoch bei 4‰ (Ambrose 1993, Grupe et al. 2005). Da die stabilen Isotopenwerte auf Individuenbasis gemessen werden, kann eindeutig postuliert werden, dass einige Individuen **verbesserten Zugang zu tierischen Proteinen** hatten als andere.

Vergleicht man die Daten mit anderen Gräberfeldern, stellt sich heraus, dass die Minimalwerte für  $\delta^{15}\text{N}$  der erwachsenen Individuen jenen von Unterigling ähneln (Strott 2006), deren Maximalwerte jedoch 1‰ überschreiten. Dies bedeutet, dass sich die Petersberger Bevölkerung in Bezug auf tierisches Protein heterogener ernährt hat als die Unteriglinger Bevölkerung, obwohl beide ländliche, altbayerische Siedlungen darstellen. Vielleicht spielt die postulierte Rindermilchwirtschaft auf dem Petersberg eine Rolle, einige Individuen könnten so einen verbesserten Zugang zu tierischen Proteinen, zum Beispiel in Form von Milch und Käse, gehabt haben. Dies würde auch die relativ hohen  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte einiger Individuen erklären, da bei Individuen, die tierische Proteine in Form von Milch und Milchprodukten zu sich nehmen, der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert höher liegt als bei Aufnahme tierischer Proteine durch Fleischprodukte. Da bei der Produktion von Milch körpereigener Stickstoff verwendet wird, ist die Milch eines tierischen Individuums gegenüber seinen restlichen Geweben mit  $^{15}\text{N}$  angereichert (Dittmann 1999, Grupe et al. 2005). Dies wird im Folgenden mit Hilfe des gesamten Nahrungsnetzes diskutiert. Auch könnten die relativ hohen  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte auf eine intensive Nutzung von Süßwasserressourcen einiger Individuen zurückzuführen sein (Bösl et al. 2006). Für diese Hypothese spräche auch die beträchtliche Anzahl an Süßwasserfischknochen im paläoanatomischen

Fundgut (Bischler 2006). Marine Nahrungskomponenten können am Petersberg ausgeschlossen werden, dafür sind weder die  $\delta^{15}\text{N}$ - noch die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte angereichert genug (Ambrose 1993, Grupe et al. 2005). Auch eine Erhöhung der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte einiger Individuen aufgrund von Wassermangel kann ausgeschlossen werden, da auf dem Petersberg von den Archäologen eine mittelalterliche Zisterne nachgewiesen werden konnte (Later 2003, Meier 1998/99). Auch wenn die Temperaturen in der Region des Petersberges im Mittelalter wahrscheinlich im Jahresdurchschnitt höher waren als heute (mittelalterliches Wärmemaximum vor allem um 1000 AD), dürfte es doch ausreichend Niederschlag gegeben haben (Glaser 2001).

Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Kelheimer und der Zeholfinger Erwachsenen sind noch weniger heterogen und befinden sich innerhalb der Petersberger Daten. An der Probenanzahl kann diese Beobachtung nicht liegen, da zum Beispiel weniger Unteriglinger Proben gemessen wurden als Kelheimer Proben (Strott 2006).

Anhand der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte kann allerdings ein übermäßiger Verzehr von *Leguminosen* ausgeschlossen werden, wie bereits in der Literatur beschrieben worden ist (Lösch 2003, Lösch et al. 2006), da diese Pflanzen mittels stickstofffixierenden Knöllchenbakterien das leichte Isotopensignal aus der Luft übernehmen, wobei andere Pflanzen das meist isotopisch schwerere Nitrat assimilieren. Dies stimmt mit den Untersuchungen von Schmitt (in Vorbereitung) überein, der aus dem Falkensteiner Codex einen Anbau von Erbsen und Bohnen in nur kleinem Umfang ableiten konnte. Sehr selten sind Linsen als Abgabe verzeichnet. Auch Behre (1987) argumentiert, dass im Mittelalter die Vielfalt der Ernährung erheblich geringer war, vor allem hatte damals im Vergleich zu heute Gemüse eine viel geringere Bedeutung.

Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Kollagens der erwachsenen Petersberger Individuen unterscheiden sich kaum von jenen aus Unterigling oder Kelheim. Auch in der Literatur sind ähnliche Daten für eine ländliche mittelalterliche Siedlung im Landesinneren Nordenglands zu

finden (Mays 1997). Mittelalterliches Skelettmaterial in Küstennähe ist meist leicht mit  $^{13}\text{C}$  angereichert (Mays 1997, Polet & Katzenberg 2003). Bei den Petersberger  $\delta^{13}\text{C}$ -Daten sind somit auch hier keine Hinweise auf marine Nahrungskomponenten zu erkennen. Die Werte sprechen für eine Ernährung mit  $\text{C}_3$ -Pflanzen, was für eine bairische Population im Mittelalter nicht weiter ungewöhnlich ist. Allerdings muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass Hirse (eine  $\text{C}_4$ -Pflanze) im archäobotanischen Fundgut zum Teil in erheblichen Mengen auftritt (Meier 2007; Schmitt, in Vorbereitung). Dem starken archäobotanischen Befund steht jedoch die schwache Quellenlage in den Urbaren gegenüber. Im Falkensteiner Codex wird Hirse nur an einer einzigen Stelle erwähnt, dazu in verhältnismäßig kleiner Menge. Diese Diskrepanz vermag die Isotopenanalyse zu lösen, die ebenfalls eindeutig gegen einen vermehrten Verzehr von Hirse spricht. So kann für den Petersberg hauptsächlich Brot und nicht Brei, der im Mittelalter wahrscheinlich aus Hirse zubereitet wurde (Schmitt, in Vorbereitung), als Grundnahrungsmittel definiert werden. Wahrscheinlich lieferte die Hirse aus dem archäobotanischen Befund nur einen geringen Beitrag zur Ernährung der mittelalterlichen Petersberger.

Das Grundnahrungsmittel Brot wird in mittelalterlichen Schriftquellen in (graues) Roggenbrot und höherwertiges (weißes) Weizenbrot unterschieden. Dies dürften die zwei vorwiegenden Getreidearten des Petersberges gewesen sein, wobei der Roggen wahrscheinlich den größeren Anteil ausmachte (Schmitt, in Vorbereitung).

Auch die Ergebnisse der  $\delta^{13}\text{C}$ -Daten aus der anorganischen Substanz und die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte unterstützen die These der  $\text{C}_3$ -Pflanzen als Basis der Ernährung der Petersberger. Bei einem Vergleich der  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte, die eine Aussage über den Fettanteil in der Nahrung erlauben, liegen die Petersberger nahe den Werten aus Unterigling und Zeholfing (Strott, 2006). Nur die Kelheimer liegen mit einer Median-Differenz von 1,54‰ über den Werten der Petersberger. Wahrscheinlich konnten sich Bauern oder Mönche gut selbst mit tierischen Produkten/Fetten versorgen. Auch die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte erwachsener Individuen aus

Volders im Vergleich zu adulten Petersbergern sind ähnlich, was erwartungsgemäß auf ähnliche Lebensbedingungen zurückzuführen ist (McGlynn 2007). Beide Skelettpopulationen lebten in einer ländlichen, alpinen Gegend.

### *Männer und Frauen*

Betrachtet man die Mediane der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Petersberger Männer und Frauen, lässt sich kein signifikanter Unterschied feststellen. Der Unterschied liegt bei 0,05‰, was bedeutet, dass beide Geschlechter weitgehend den gleichen Zugang zu tierischem Eiweiß hatten. Auch die Mediane der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Kollagens unterscheiden sich nur um 0,06‰, wobei die Werte der Frauen leicht negativer sind. Betrachtet man jedoch die einzelnen Werte, erkennt man, dass sich die Isotopenwerte der männlichen Individuen über eine größere Spannweite verteilen (siehe Ergebnisse Abbildung 86). Zudem erreichen die männlichen Daten größere Maximalwerte als die weiblichen ( $\delta^{15}\text{N}$ -Werte: 12,15‰ vs. 10,32‰ und  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte: -19,78‰ vs. -20,07‰). Die Minimalwerte beider Geschlechter unterscheiden sich nicht signifikant. Die Differenz der männlichen  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte liegt bei 3,91‰, was, wie schon bei den Werten der gesamten erwachsenen Individuen, eine Trophiestufe darstellt. **Das bedeutet, dass einige wenige Männer viel besseren Zugang zu tierischem Eiweiß hatten als andere.**

Ein Vergleich der Daten der Petersberger Männer und Frauen mit Daten aus dem frühmittelalterlichen Volders (Österreich, McGlynn 2007) macht deutlich, dass die Petersberger Männer höhere  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte aufweisen. Erstaunlicherweise haben sie allerdings fast dieselbe Differenz von Minimal- zu Maximalwert (Petersberg 3,91‰ vs. Volders 3,92‰). Die männlichen Individuen ernährten sich hier anscheinend ähnlich heterogen wie die Petersberger und einige Individuen hatten ebenfalls einen viel besseren Zugang zu tierischen Protein als andere. Die Frauen aus Volders haben jedoch höhere  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte als die Petersbergerinnen, folglich eine bessere Versorgung mit tierischem Protein und, mit einer größeren Differenz, auch eine heterogenere Ernährung bezüglich

tierischen Proteins als die weiblichen Individuen des Petersbergs. Aufgrund der räumlichen Nähe und der geografischen Ähnlichkeiten sollen an dieser Stelle einige Hypothesen formuliert werden: Da ein (Groß-)Teil der Männer vom Petersberg der Klosteranlage zuzuordnen ist, könnte es sein, dass diese Individuen bevorzugten Zugriff auf tierisches Protein hatten, welches sie in Form von Abgaben bekamen. Auch Süßwasserfisch, der ebenfalls erhöhte  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zeigt (Bösl et al. 2006), könnte hier als Lieferant tierischen Proteins zur Verfügung gestanden haben. Auf dem Petersberg sind viele Fischknochen detektiert worden (Bischler, persönliche Mitteilung). Die Frauen des Petersbergs sind hingegen nicht der Klostersiedlung zuzuordnen, was bedeutet, dass sie wahrscheinlich von den umliegenden Almen oder Dörfern stammten. Diese Menschen hatten anscheinend eine schlechtere Versorgung mit tierischem Protein als die Klosterbrüder.

Vergleicht man die Mediane der  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte von Männern und Frauen des Petersberges, kommt man auf eine Differenz von 0,45‰. Der Unterschied ist nicht signifikant, jedoch implizieren diese Ergebnisse, dass die weiblichen Individuen im Schnitt geringfügig mehr Fettanteile in der Nahrung hatten. Dies stimmt weitgehend mit den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten überein, deren Median keinen Schluss auf den bevorzugten Zugang eines der beiden Geschlechter zu tierischem Eiweiß in der Nahrung zulässt. Ein bevorzugter Zugang zu Fett in der Ernährung wird dadurch nicht zwingend ausgeschlossen. Betrachtet man jedoch die Differenz der Maximal- und Minimalwerte von  $\Delta^{13}\text{C}$ , erkennt man, dass die männlichen Individuen mit 6,57‰ viel stärker variieren als die weiblichen (2,09‰). Wie auch schon die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte gezeigt haben, sind innerhalb der auf dem Petersberg beigesetzten Männer die sozialen Unterschiede größer als innerhalb der Frauen. Die an  $\Delta^{13}\text{C}$  am weitesten abgereicherten männlichen Individuen mit den größten Fettanteilen in der Nahrung lagen im Südostteil. Diese Ergebnisse implizieren, dass Fett auch unabhängig von tierischen Produkten aufgenommen wurde. Behre (1987) schreibt, dass im Mittelalter fast überall die Gewinnung pflanzlicher Öle betrieben wurde. Hierfür wurden Lein, der heutzutage nicht



mehr kultivierte Leindotter, Raps und Rübsen angebaut und verarbeitet. Im Falkensteiner Codex ist die Abgabe von Ölfrüchten regelmäßig zu finden (Schmitt, in Vorbereitung). Dieses Öl könnte außer als Schmiermittel und zur Beleuchtung auch als Fett in der Nahrung gedient haben, eventuell auch im Hinblick auf die Fastenzeit.

Das männliche Individuum mit der **fettärmsten Ernährung** liegt in Schnitt 43 (Pb 1101). Seine außergewöhnlich hohen  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte unterstreichen auch die archäologische Außenseiterrolle, die es einnimmt. Pb 1101 liegt weit im Nordosten begraben, ca. fünf Meter von den nächsten Gräbern entfernt. Zudem liegt er fast in Süd-Nord Ausrichtung, während alle übrigen Bestattungen mehr oder weniger West-Ost ausgerichtet sind. Die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte der weiblichen Individuen haben, wie auch schon bei den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten beobachtet wurde, eine geringere Variabilität (2,09‰).

### *Ernährung und Körperhöhe*

Bei der Korrelation der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte mit den Messstrecken der größten Länge des *Femur* (links) ergeben die Daten der Petersberger Männer eine geringe, die Daten der Frauen eine mittlere Korrelation. Die Daten der Männer und Frauen der Skelettpopulation aus Volders (McGlynn 2007) verhalten sich genau andersherum, die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Männer korrelieren mit der Körperhöhe, die der Frauen nicht. Ein Vergleich ist hier jedoch problematisch, da McGlynn keine Korrelationskoeffizienten angibt und die Körperhöhe anhand Regressionsgleichungen (Bach 1965, Breitinger 1938) errechnet hat. Zudem wird nicht angegeben, welcher Langknochen hierfür herangezogen oder ob aus den vorhandenen Langknochen ein Mittelwert gebildet wurde.

Folgende Hypothesen können formuliert werden: Die Frauen des Petersberges befanden sich eventuell in einem sozial enger geschnürten Korsett und konnten sich im Vergleich zu den Männern kaum individuell und sozial verändern. Das Kloster könnte für einige männliche Individuen eine Aufstiegsmöglichkeit geboten haben, dies wäre dann eine

Möglichkeit für die Männer gewesen, ihr Leben anders zu gestalten, die den Frauen des Petersbergs versagt blieb. Durch die empirischen Daten kann zumindest eine Aussage über die Ernährung (in diesem Fall mit tierischem Protein) und die Körperhöhe getroffen werden, die diese Hypothesen unterstützt.

#### *Kinder und Altersunterschiede*

Betrachtet man den Median der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Skelettmaterials der Altersklasse *Infans I*, erkennt man, dass er einen Spitzenwert aufweist. Das rührt daher, dass einige Kinder sicher zu ihrem Todeszeitpunkt oder bis kurz davor noch gestillt wurden, wie zum Beispiel Pb 47. Interessanterweise hat das älteste Kind dieser Altersgruppe (Pb 227e, vier bis sechs Jahre) auch den niedrigsten  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert, dieses Kind wird sicher schon entwöhnt gewesen sein. Anhand der Mediane der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte in den anderen Altersklassen kann eine sehr signifikante kontinuierliche Abreicherung von  $^{15}\text{N}$  bis zu einem Alter von ca. 30 Jahren beobachtet werden. Diese Daten implizieren, dass die verstorbenen Kinder und Jugendlichen nach der Entwöhnung einen schlechteren Zugang zu tierischen Proteinen hatten. Eine Hypothesenbildung im soziobiologischen Sinne könnte lauten, dass ein Teil der Kinder, Jugendliche (wie auch der älteren Personen) im mittelalterlichen Altbaiern weniger privilegierte Individuen darstellten und sie weniger tierische Proteine (Fleisch, Eier, Milch, Käse) bekamen. Da Tierhaltung im ökonomischen Sinne selbst heutzutage aufwendiger ist als Landbau (70-80% der verwertbaren Nahrungsenergien gehen dabei verloren; Saalfeld 1997), liegt eine Verwertung tierischer Nahrung in besser gestellten Bevölkerungsgruppen oder nur einem Teil der Bevölkerung nahe. Kongruent hiermit waren im späteren Mittelalter Fleisch und tierische Produkte drei- bis viermal so teuer wie Brotgetreide (Saalfeld 1997).

Prowse et al. (2005) stellen auch eine schwache, aber positive Korrelation von Alter und  $\delta^{15}\text{N}$  fest, allerdings sind hier die jüngsten untersuchten Individuen zehn Jahre alt (1. bis 3. Jahrhundert n. Chr., Isola Sacra, Italien). Auch ist bei ihnen keine Abreicherung ab einem

Alter von über 50 Jahren zu erkennen, aber der Trend ab der späten Kindheit ist ähnlich. Hier wird ebenfalls mit einer Benachteiligung der Kinder, unter anderem in Bezug auf die Ernährung, argumentiert. Um die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Petersberger Kinder richtig zu interpretieren, sollte man wissen, dass die Kindheit im Mittelalter in der Regel mit ca. sieben Jahren vorbei war und dann zum Beispiel eine Ausbildung begonnen wurde. Nach (frühmittelalterlichem) salischem Recht galt man mit zwölf Jahren als volljährig (Arnold 1987, Goetz 1994).

Vergleicht man die Mediane der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von kleinen Kindern (bis 1,5 Jahre) mit jenen der Frauen, kommt man auf eine Differenz von 1,3‰. Die Kinder sind im Gegensatz zu den Frauen leicht mit dem schwereren Stickstoff angereichert. Erstaunlicherweise beträgt diese Differenz weniger, als die Differenz innerhalb der erwachsenen Frauen (und auch der erwachsenen Männer). Als Erklärung kann hier angeführt werden, dass wahrscheinlich nicht alle dieser Kinder gestillt wurden. So ist es denkbar, dass zumindest einige kindliche Individuen relativ rasch nach der Geburt verstarben oder aus anderen Gründen (z.B. wegen Krankheit) nicht gestillt wurden. Grundsätzlich bedeutete die Entwöhnung von der Muttermilch in historischer Zeit ein erhöhtes Sterbe- und Krankheitsrisiko für Kinder, da mit der neuen Nahrung das Kind neuen Krankheitserregern ausgesetzt wurde (Hühne-Osterloh 1989). Zudem verringerte sich der passive Immunschutz, den das Kind aus der Muttermilch bezog.

Dittmann & Grupe (2000) untersuchten  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Kindern aus Wenigumstadt in Bayern des 5. bis 7. Jahrhunderts n. Chr. Hier können die Isotopendaten mit der Kindersterblichkeit in Übereinstimmung gebracht werden, die mit einem Alter von 4 Jahren am höchsten war und bei 32% lag. Bei Individuen dieses Alters lagen auch die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte mit circa 3‰ unter dem der Säuglinge, was durch Abstillen und die Umstellung auf feste Nahrung erklärt wird. Auch bei McGlynns (2007) frühmittelalterlichen Skelettkollektiv aus Volders, Österreich, ist ein ähnlicher Trend zu

erkennen. Er konnte bei bestimmten Individuen eine Stilldauer bis ins dritte Lebensjahr erkennen. Richards et al. (2002) vermuten im mittelalterlichen Wharram Percy in England (10. bis 16. Jahrhundert) eine Stilldauer von nur einem Jahr. Am Petersberger Material ist zwar die Sterblichkeit bei Kindern unter einem Jahr am höchsten, jedoch findet sich auch eine starke Abreicherung von  $^{15}\text{N}$  in den Altersklassen von vier bis sechs und sechs bis acht Jahren. Eine leichte Abreicherung an  $^{15}\text{N}$  ist schon bei den 1,3 bis 1,5 Jahre bzw. 1,8 Jahre alten Kindern im Vergleich zum Alter von 2,5 Jahren zu erkennen, jedoch handelt es sich hier um den geringen Wert von ca. 0,5‰. Dies könnten jedoch schon erste Hinweise auf ein Abstillen sein. Einen großen Sprung von 1,42‰ Abreicherung an  $^{15}\text{N}$  erfolgt zwischen einem Individuum mit dem Alter 2,5 Jahren und einem Individuum von vier bis sechs Jahren. Folglich könnte am Petersberg mit dem Abstillen etwa im Alter von zwei Jahren begonnen worden sein. Ob bei den Petersbergern die Stilldauer regelmäßig früher endete und mit tierischer Milch zugefüttert wurde (was eine längere Stillzeit impliziert), lässt sich allerdings nicht sagen.

Des Weiteren finden sich am Petersberg in der juvenilen Altersklasse (zwölf bis 15 und 15 bis 20 Jahre) niedrige  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte. Bei Individuen im Alter zwischen 15 und 20 Jahren findet sich bei der Sterbealtersverteilung ebenfalls eine kleine Erhöhung von 0,90% auf 2,69%, die dann wieder abfällt. Diese Ergebnisse implizieren, dass die Jugendlichen (zwischen zwölf und 20 Jahren), die auf dem Petersberg beerdigt wurden, einen selektiv schlechteren Zugang zu tierischem Protein hatten als der Rest der Bevölkerung.

Betrachtet man die errechneten  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte der Altersklasse *Infans I*, sieht man, dass das Individuum mit dem höchsten  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert den niedrigsten  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert besitzt (Pb 227e, vier bis sechs Jahre). Für dieses Individuum kann postuliert werden, dass es bereits abgestillt war. Dies geht auch mit den  $\delta^{13}\text{C}$ - und  $\delta^{15}\text{N}$ -Ergebnissen aus dem Knochenkollagen konform. Auch das Individuum mit dem höchsten  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert besitzt einen hohen  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert (Pb 700, neonat bis 1 Monat, Abbildung 127).

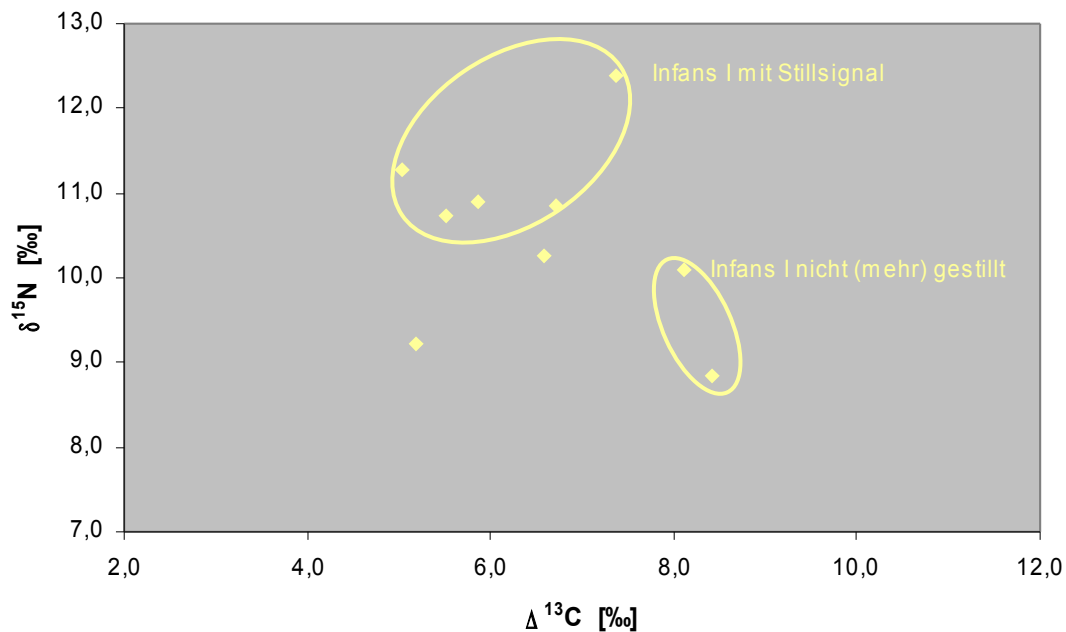


Abbildung 127:  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Altersklasse Infans I

Die weiteren Altersklassen sind in ihren  $\Delta^{13}\text{C}$ -Ergebnissen weitgehend mit den  $\delta^{15}\text{N}$ -Daten aus dem Knochenkollagen zu vergleichen. Die Mediane zeigen, dass die Altersklassen *Infans II* und *Juvenis/Frühadult* nicht nur weniger tierisches Protein zu sich genommen haben, sondern sich im Vergleich zu den anderen Altersklassen auch von weniger fettreichen Produkten ernährten. Bei den erwachsenen Individuen steigt der Konsum für tierisches Protein und Fett wieder an, wobei Individuen älter als 50 Jahre wohl im Durchschnitt mehr Fett konsumierten als Individuen der anderen Altersklassen.

Erstaunlicherweise liegt der  $\Delta^{13}\text{C}$ -Median der 20- 60jährigen mit dem Median der Altersgruppe *Infans I* (6,59‰ vs. 6,55‰) fast gleichauf. Diese Daten zeigen, dass sich erwachsene Individuen des Petersberges im Hinblick auf den Fettgehalt der Nahrung ähnlich ernährten wie die Klein- und Kleinstkinder. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass die Varianz in beiden Altersklassen relativ hoch ist. Die Differenz beträgt bei

den 20- 60jährigen 3,95‰ und bei *Infans I* 3,38‰. Dies verdeutlicht den großen Unterschied der einzelnen Individuen. Trotzdem liegen die Mediane der  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte sehr nah beisammen. Folglich muss der Fettanteil in der Nahrung einiger Erwachsener durchaus mit dem Fettanteil in der Muttermilch von gestillten Kindern gleichzusetzen sein. Da auf dem Petersberg ohnehin eine ausgesprochene Milchwirtschaftlich vermutet wird, kann als Hypothese der Verzehr von Kuhmilch gelten. Vergleicht man den Fettanteil von Kuhvollmilch mit dem reifer Muttermilch, ergibt sich für beide ein Gehalt von 3,5g Fett pro 100ml, wohingegen der Proteingehalt der Kuhmilch höher ist (3,4g pro 100ml vs. 1,2g pro 100ml Muttermilch) (Droese & Stolley 1984).

Diese Daten werden zusätzlich durch den geringen Unterschied der  $\delta^{15}\text{N}$ -Mediane beider Altersklassen gestützt (*Infans I*: 10,73‰ vs. 20- 60jährige: 9,84‰), der keine ganze Trophiestufe repräsentiert. Dies liegt, wie bereits diskutiert, zum einen daran, dass nicht alle Individuen aus der Altersklasse *Infans I* gestillt wurden, kann aber zum anderen auch daran liegen, dass Individuen, welche viel Kuhmilch konsumieren, stark erhöhte  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zeigen. Da bei der Produktion von Kuhmilch körpereigener Stickstoff verwendet wird, das laktierende Rind folglich eine Trophiestufe in sich selbst erzeugt, ist die Milch eines Rindes, wie auch die des Menschen, gegenüber den restlichen Geweben mit  $^{15}\text{N}$  angereichert. Folglich müssten Menschen, die viel Kuhmilch(produkte) konsumieren, höhere  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zeigen als jene, die hauptsächlich das Rindfleisch konsumieren.

#### *Vergleichende Betrachtung der Isotopendaten aus den drei Friedhofsarealen*

Betrachtet man die Mediane der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Skelettmaterials der verschiedenen Gräberareale, sieht man, dass die **Individuen des Südostteils wohl den besten Zugang zu tierischen Proteinen hatten**. Auch die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte bestätigen dies, die laut van Klinken et al. (2000) bei Karnivoren angereicherter sind als bei Herbivoren. Allerdings muss hinzugefügt werden, dass es sich beim Vergleich der Mediane um nicht signifikante Unterschiede handelt und die Differenz zwischen den  $\delta^{15}\text{N}$ -Medianen des Südost- und des

Westteils unter ein Promille (0,78‰) beträgt. Gemäß der Hypothese, dass sich im Südostteil des Friedhofs vorwiegend die Klosterbrüder wieder finden, kann postuliert werden, dass sich **die Klostersgemeinschaft des Petersbergs im Vergleich zu der umliegenden Bevölkerung besser ernährte**. Der Konsum von Fleisch war nach der Klosterregel Benedikts nur für wenige, ganz besondere Anlässe vorgesehen. Wichtige Nahrungsmittel der Mönche waren aber Eier, Käse, Fisch und Hülsenfrüchte (Goetz 1994). Allerdings wurden die Regeln oft missachtet, so beschreibt beispielsweise Goetz (1994):

*„Das sonntägliche Essen des Bamberger Domkapitels bestand im 12. Jahrhundert aus acht Gängen, die Hammel- und Schweinefleisch, Huhn und Braten einschlossen. In vielen Klöstern wird es kaum anders gewesen sein.“*

Generell legen jedoch die vorliegenden Daten nahe, dass sich die Mönche besser ernähren konnten als die umliegende Bevölkerung. Betrachtet man die Differenz der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte nur der Männer aus dem Südostteil, ergibt sich ein Wert von 3,22‰. Dies verdeutlicht, dass auch hier große individuelle Unterschiede bezüglich der Zufuhr von tierischem Protein bestanden haben müssen (fast eine Trophiestufe Differenz). Goetz (1994) schreibt beispielsweise, dass die Tafel eines Abtes, der ständig Gäste empfing, ohnehin anderen Bedingungen unterlag und den eigentlich strengen Regeln nicht ausnahmslos unterworfen war. Den höchsten  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert des Südostteils nimmt das männliche Individuum Pb 833 ein, wobei hier eine leitende Funktion in der Klostersgemeinschaft nicht ausgeschlossen ist. Beachtet werden muss auch die gewaltsame Tötung von Pb 833 mittels eines Kalottenabschlages durch ein Schwert. Laut Andechser Missale wurde das Kloster 1296 AD zerstört, auch die Archäologen vermuten anhand zahlreicher mittelalterlicher Geschosspitzen eine kriegerische Handlung im 13./14. Jahrhundert, die sich eventuell auch mit einem Kirchenbrand um die gleiche Zeit verknüpfen lässt (Later 2003).

Ein übermäßiger Verzehr von Hülsenfrüchten kann, wie schon oben diskutiert, anhand der Petersberger  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte ausgeschlossen werden. Betrachtet man die errechneten  $\Delta^{13}\text{C}$ -

Werte der verschiedenen Friedhofsareale, gibt es ein eindeutiges Ergebnis: Die Individuen des Westteils liegen im Durchschnitt nicht nur im Verzehr von tierischen Proteinen unterhalb der anderen beiden Friedhofsareale, auch der Anteil von Fett in der Nahrung ist im Vergleich mit den Individuen des Nordost- und Südostteils signifikant geringer. **Den größten Fettanteil in der Nahrung hatten die Individuen des Nordostteils**, wobei Pb 1101 mit einem  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert von 11,51‰ einen großen Ausreißer zeigt. Dieses männliche Individuum zeigte auch schon in archäologischer Hinsicht eine Sonderrolle. Wie bereits erwähnt, liegt es abseits der anderen Individuen begraben und ist anders ausgerichtet. Die postulierten Klosterbrüder zeigen, trotz gutem Zugang zu tierischen Proteinen, einen verglichen mit dem West- und dem Nordostareal nur mittelmäßigen Verzehr von fettreicher Nahrung.

#### 7.4.2) Die Fürstenbestattungen aus Sulzbürg

In einem weiteren Schritt sollten die Isotopendaten der zuvor differenziert betrachteten Bevölkerungsgruppen vom Petersberg (insbesondere Mönche vs. übrige Bevölkerung) mit den Isotopendaten der sozial hoch stehenden Fürstenfamilie aus Sulzbürg verglichen und somit soziobiologische Faktoren für die Rekonstruktion der Ernährung abgeklärt werden.

Die Umrechnung der Isotopendaten aus Haar-Analysen der teilweise mumifizierten Grufbestattungen ermöglicht einen direkten Vergleich mit den Werten aus dem Knochenkollagen der Petersberger Bestattungen. Der korrigierte Median der Sulzbürger für  $\delta^{13}\text{C}$  von -19,3‰ stellt im Vergleich zu den erwachsenen Petersbergern (mit Werten zwischen -20,96‰ und -19,78‰ bei einem Median von  $-20,50\text{‰} \pm 0,34$ ) einen deutlich angereicherten Wert dar. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Analyse zeigt einen erheblich erhöhten Wert des Sulzbürger Materials (13,0‰) im Vergleich zu den Petersbergern (hier Median von  $9,45\text{‰} \pm 1,05$ ; Erwachsene zwischen 8,21‰ und 12,15‰). Die vier untersuchten Sulzbürger Individuen hatten somit -im Vergleich zu den mittelalterlichen Petersbergern- besseren



Zugang zu tierischem Protein. Vergleicht man die Mediane, handelt es sich sogar um ca. eine Trophiestufe. Die Hypothese eines „Niederganges“ der Wolfsteiner kann anhand der  $\delta^{15}\text{N}$ -Daten nicht verifiziert werden. Die fünfte und vierte Generation (Friedrich Wilhelm, Beata Friederike) zeigen sogar eine leichte Erhöhung ihrer Werte im Vergleich zur ersten Generation (Elisabeth, Hans Adam).

Vergleicht man die Daten der Friedhofsareale des Petersberges mit den Daten des Sulzbürger Materials, so ergibt sich aus dem Skelettmaterial des Südostteils -als dem vermuteten Hauptbestattungsareal der Mönche- für die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte ein Median von  $9,97\text{‰} \pm 0,93$  (von  $8,24\text{‰}$  bis  $11,46\text{‰}$ ). Der Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte liegt bei  $-20,37\text{‰} \pm 0,38$ . In den beiden anderen Arealen, in denen eher die übrige Bevölkerung der Region vermutet werden kann, weisen die Individuen aus dem Westteil einen Median von  $9,19\text{‰} \pm 1,05$  mit einem Maximalwert von  $12,15\text{‰}$  und einem Minimalwert von  $8,21\text{‰}$  für  $\delta^{15}\text{N}$  auf. Der Median der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte dieser Individuen beträgt  $-20,70\text{‰} \pm 0,28$ . Ähnliche Werte liegen für die Individuen aus dem Nordostteil vor ( $\delta^{15}\text{N}$ -Werte mit einem Median von  $9,45\text{‰} \pm 1,23$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert  $-20,43\text{‰} \pm 0,28$ ). Betrachtet man die errechneten  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte und die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte aus dem Karbonat, sieht man, dass die Wolfsteiner auch erheblich mehr Fett zu sich genommen haben müssen als die Petersberger. Vor allem Hans Adam und Georg Albrecht von Wolfstein (erste und zweite Generation) müssen einen großen Fettanteil in Ihrer Nahrung gehabt haben.

Somit lässt sich im Vergleich: „Landbevölkerung Petersberg“ – „Mönche Petersberg“ und „Fürstengeschlecht zu Sulzbürg“ eine graduelle Zunahme der Nahrungsqualität nachweisen. Dabei erreichen die Werte der Petersberger Klosterbrüder bei weitem nicht diejenigen der Sulzbürger Fürsten. Folglich hatten hier Adelige der frühen Neuzeit viel besseren Zugang zu tierischen Nahrungsressourcen als die untersuchte mittelalterliche Mönchs- und Landbevölkerung. Das mag zum einen an den Nahrungsabgaben an adelige Familien gelegen haben, zum anderen an dem Privileg, Wildtiere jagen zu dürfen (Goetz

1994, van Dülmen 1999a). Dies war der „normalen“ Bevölkerung und auch dem Klerus verboten: Auf dem Petersberg sind kaum Knochen von Wildtieren zu finden (Bischler 2006).

### 7.4.3) Nahrungsnetz

Betrachtet man das Nahrungsnetz der stabilen Stickstoff- und Kohlenstoffisotope des Kollagens, sieht man, dass der Mensch an der Spitze der Nahrungskette steht. Seine  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte liegen sogar leicht über dem Wert der Katze, die sich ausschließlich von Fleisch ernährt und somit die einzige rein karnivore Spezies darstellt. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Daten der Petersberger Kinder aus der Altersklasse *Infans I* repräsentieren, wie bereits diskutiert, aufgrund des Stillens die absoluten Spitzenwerte. Betrachtet man allerdings die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte, liegt die Katze fast 2‰ höher als der Mensch. Dies bedeutet, dass der Petersberger Mensch weit mehr Fett konsumiert hat als die Katze, die sich jedoch rein karnivor ernährt haben müsste. Diese Daten sprechen ebenfalls für eine Aufnahme von Fett in der Nahrung über den Konsum tierischen Proteins hinaus (Pflanzenfett).

Auch das Huhn scheint relativ viel tierisches Protein zu sich genommen zu haben, was auch seinem natürlichen Fressverhalten entspricht. Es ernährt sich von Würmern, Insekten, Körnern und sogar Mäusen. Dieses Ergebnis könnte bedeuten, dass die Hühner, deren Knochen auf dem Petersberg gefunden wurden, frei umhergelaufen sind und sich ihre Nahrung selbst suchen mussten. Wahrscheinlich waren Getreidekörner zu kostbar, um sie an die Hühner zu verfüttern. Auch bei Strott (2006) sind die Mediane der Hühner aus Kelheim in der Nähe der Menschen einzuordnen.

Zusammengefasst bildet auf dem Petersberg der Mensch mit der Katze und dem Huhn die Spitze der Nahrungskette. Das wird durch die deutliche Anreicherung mit  $^{13}\text{C}$  im Kollagen dieser Spezies verdeutlicht (van Klinken et al. 2000). Auch die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte der

Hühner stützen diese Annahme, sie liegen sowohl in Bezug auf die  $\delta^{15}\text{N}$ - als auch auf die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte den Werten der Menschen am nächsten.

Vergleicht man die Gans mit dem Huhn, ist ein deutlicher Unterschied festzustellen. Die Differenz der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte liegt bei 1,64‰ zu Lasten der Gans. Sie muss sich folglich um einiges herbivorer ernährt haben als das Huhn. Dies entspricht ebenfalls ihrem natürlichen Fressverhalten, sie ernährt sich hauptsächlich von Grünfutter und Blättern junger Pflanzen. Die Herbivorie der Gans wird durch die niedrigen  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte bestätigt. Eine Karbonat-Extraktion aus der anorganischen Substanz konnte aufgrund der geringen Knochenmengen bei der Gans leider nicht erfolgen. Ähnlich niedrige  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und noch geringere  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte sind bei der Ziege und den Rindern festzustellen, die ebenfalls zu den Herbivoren zählen. Diese beiden Spezies zeigen auch für  $\Delta^{13}\text{C}$  die größten Werte, was eindeutig auf Pflanzenkost hinweist. Bei den  $\delta^{15}\text{N}$ - und  $\delta^{13}\text{C}$ -Medianen der Kälber ist wie erwartet eine Erhöhung der  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte und eine Anreicherung mit  $^{13}\text{C}$  im Kollagen zu erkennen. Die Differenz beträgt hier nur 0,89‰, was daran liegen mag, dass einige der Kälber nicht (mehr) gesäugt wurden. In Abbildung 128 können zwei der Kälber identifiziert werden, die im Kollagen noch das Signal der Mutter(kuh)milch zeigen. Zwei weitere Individuen konnten als *nicht mehr gesäugt* oder *noch nie gesäugt* detektiert werden. Im zweiten Fall hätte eine entsprechende Ersatznahrung gegeben werden müssen, damit die Kälber dieses Alter erreichen konnten (2 bis 2,5 Jahre und *Infans* bis *Juvenis*, Bischler, persönliche Mitteilung). An den Proben der Kälber konnte leider keine Karbonat-Messung durchgeführt werden.

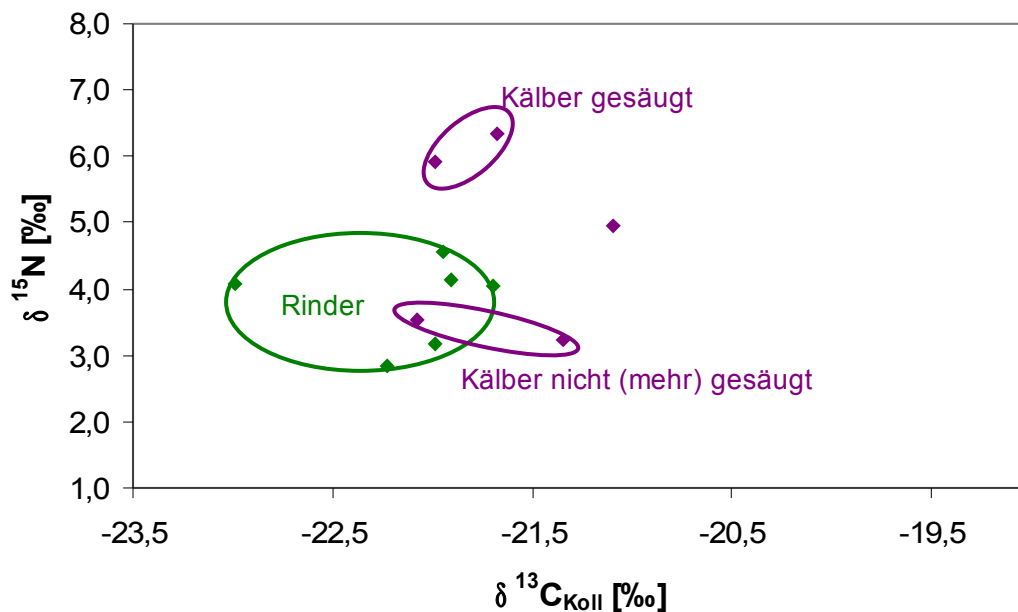


Abbildung 128:  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte und  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte aus Kollagen der Rinder und Kälber

Erstaunlicherweise liegen die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Hasen und der beiden Schafe über jenen der Ziege, der Rinder und Kälber. Zudem sind ihre  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte gegenüber den genannten Spezies leicht erhöht, was dafür sprechen würde, dass sie weniger herbivor sind als Rind und Ziege. Auch die  $\Delta^{13}\text{C}$ -Werte von Schaf und Hase sind gegenüber Rind und Ziege erniedrigt, was diesen Trend bestätigt. Gerade beim Hasen würde man durch seinen Verzehr von Klee (*Trifolium spec.*) mit einer starken Abreicherung von  $^{15}\text{N}$  im Kollagen rechnen, da die *Rhizobium*-Bakterien gegen den schweren Stickstoff diskriminieren. Diese niedrigen  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte bei Hasen konnten bei Lösch (2003) beobachtet werden.

Der  $\delta^{15}\text{N}$ -Median der Schweine liegt im Vergleich mit den rein herbivoren Spezies leicht erhöht, was für die omnivore Ernährungsweise spricht. Auch die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte sind im Vergleich zu den herbivoren Spezies leicht angereichert. Ähnlich erhöhte  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte zeigen die Proben von Fuchs, Hund und Bär - den Spezies, die sich alle ebenfalls durch

eine omnivore Ernährungsweise auszeichnen. Die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Fuchses und des Hundes liegen entgegen der Vermutung unter dem Median der Schweine. Im neolithischen Anatolien liegen beispielsweise sowohl Fuchs als auch Hund ca. eine Trophiestufe über den Menschen (Lösch et al. 2006). Eventuell befanden sich am Petersberg Schwein, Fuchs und Hund in direkter Nahrungskonkurrenz. Eine Erklärung wäre, dass sich alle drei Spezies von Abfällen der menschlichen Siedlung(en) ernährt haben. Ihre  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte gleichen eher den Werten der Herbivoren als jenen der Karnivoren bzw. der Menschen. Dies könnte daran liegen, dass relativ wenig tierisches Material auf dem Müll gelandet ist. Es wird wohl relativ viel der wertvollen tierischen Nahrung von den Petersbergern für ihren eigenen Konsum verwertet worden sein.

Der  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert des Bären ist mit 1,07‰ außergewöhnlich niedrig und der kleinste gemessene  $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der gesamten Petersberger Proben. Ähnliche Daten können bei Bocherens et al. (1994), Bocherens et al. (2006) und Nelson et al. (1998) an fossilen Bärenknochen (Höhlenbär, *Ursus spelaeus*) beobachtet werden. Hier werden unterschiedliche Erklärungsansätze herangezogen, zum Beispiel eine strikte vegetabile Ernährungsweise (Bocherens et al. 1994) und/oder niedrige  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Böden und Pflanzen eines geschlossenen Habitats, die sich in der Nahrungskette auf die Bären übertragen würden (Bocherens et al. 1994, Bocherens et al. 2006). Nelson et al. (1998) weisen nach, dass sich die  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von neonaten zu adulten Tieren um etwa zwei Trophiestufen abreichern. Sie machen die Winterruhe bei Bären für diesen Effekt verantwortlich, bei der Bären ihre Körpertemperatur halten und dabei weder urinieren noch *Faeces* ausscheiden. Folglich muss es einen speziellen Mechanismus geben, der verhindert, dass der durch Proteinkatabolismus produzierte Harnstoff toxische Konzentrationen erreicht (Nelson et al. 1975). Das wird durch vollständiges Recycling von Stickstoff erreicht; dieser ungewöhnliche Prozess schlägt sich in den  $\delta^{15}\text{N}$ -Werten des während der Winterruhe produzierten Kollagens nieder (Nelson et al. 1998). Obwohl die metabolischen Prozesse bei Bären während der Winterruhe mittels stabiler Isotopendaten

noch nicht ausreichend untersucht sind, erscheint diese Erklärung für den Petersberger Bären am wahrscheinlichsten. Dass sich der eigentlich omnivore Bär herbivorer als die herbivoren Spezies ernährt haben soll, ist kaum denkbar. Bezüglich des Fettgehalts in der Nahrung ( $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert) ist der Bär in der Nähe von Fuchs und Schwein anzusiedeln (Bär 8,02‰ vs. Fuchs 8,04‰ und Schwein 8,46‰). Diese Daten zeigen eindeutig, dass es sich um omnivore Spezies handelt und der Bär aufgrund metabolischer Prozesse während der Winterruhe zu niedrige  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zeigt. Erstaunlicherweise zeigt der Hund einen viel kleineren  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert als alle anderen Spezies (6,19‰), den Menschen eingeschlossen. Dieser Wert könnte mit der Annahme erklärt werden, dass der Hund sich zu einem großen Teil von Knochen ernährt hat. Das gelbe Knochenmark adulter Säugetiere besteht zu etwa 80% aus Fett und nur zu 5% aus Proteinen; es ist hauptsächlich in der *Diaphyse* zu finden. Sein histologisches Bild gleicht dem von Fettgewebe (Lüllmann-Rauch 2003). Von den bislang untersuchten Petersberger Tierknochen zeigen ca. vier Prozent Tierverschleiß, davon lassen sich 90% als Hundeschleiss identifizieren (Bischler, persönliche Mitteilung). Dadurch kann der hohe Fettgehalt, der sich im  $\Delta^{13}\text{C}$ -Wert des Hundes widerspiegelt, eventuell erklärt werden. Im Gegensatz dazu sind so gut wie keine Verschleißspuren von Füchsen und Schweinen zu erkennen, die sich teilweise wohl auch von menschlichen Nahrungsabfällen ernährt haben. Das fette gelbe Knochenmark scheint primär dem Hund vorbehalten gewesen zu sein.

Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte im Kollagen aller untersuchten Spezies weisen auf  $\text{C}_3$ -Pflanzen als Grundlage der pflanzlichen Ernährung hin. Mensch, Katze und Huhn zeigen eine deutliche Anreicherung von  $^{13}\text{C}$  und repräsentieren zusammen die Spitze der Nahrungskette. Die omnivoren Spezies Fuchs, Hund und Bär bilden mit  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten von -21,24‰ bis -21,54‰ die Mitte, die herbivoren Spezies Ziege, Rind und Gans zeigen die am weitesten abgereicherten  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Kollagens. Die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von Schaf, Feldhase und Kalb befinden sich im Übergang von omnivoren zu herbivoren Spezies. Inwieweit der „Baldachin-Effekt“ (van der Merwe & Medina 1991, van Klinken et al. 2000) bei den

gemessenen  $\delta^{13}\text{C}$ -Werten eine Rolle spielt, muss spekulativ bleiben, vor allem weil im paläoanatomischen Fundgut so gut wie keine Wildtiere, die oft im Habitat *Wald* beheimatet sind, zu finden sind (Bischler 2006). Selbst die gemessenen Schweineknochen zeigen keine Hinweise auf mittelalterliche Waldweiden.

Außer dem Bären und dem Fuchs sind alle Tierknochen des Petersberges domestizierten Tieren zuzuordnen. Diese beiden Spezies zeigen jedoch nicht die negativsten  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte, obwohl man sie noch am ehesten mit einem Leben im/auf dem Wald(boden) assoziieren würde. Der mittelalterliche Landesausbau des 10. bis 13. Jahrhunderts begrenzte die Waldflächen im Flachland stark. Der Wald nördlich der Alpen erfuhr zu dieser Zeit seine stärkste Einschränkung, Holz war ein wichtiger Rohstoff und diente als Energiequelle, Bau- und Werkholz (Hillebrecht 1987; Schmitt, in Vorbereitung; Schubert 1987). Die unerlaubte Rodung des wertvollen Gutes wurde verfolgt und bestraft. Das Kloster Ebersberg (Bayern) erließ in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts die erste ausführliche Waldordnung (Schmitt, in Vorbereitung), die wahrscheinlich nur entstand, weil eine diesbezügliche Regelung nötig war.

### **7.5) Wassereinzugsgebiet (stabile Sauerstoff-Isotope)**

Zwischen Fuß und Gipfelplateau des Petersberges liegen etwa 400 Höhenmeter; die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte des entnommenen Wassers ergeben eine Differenz von 0,78‰. Vom Fuß des Petersberges bis zur hohen Asten liegen 650 Höhenmeter, hier ergeben die entnommenen Wasserproben eine Differenz der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte von 1,09‰. Diese Ergebnisse stimmen mit jenen der OIPC-Homepage (*online isotopes in precipitation calculator*, [www.waterisotopes.org](http://www.waterisotopes.org), letzter Zugriff September 2008) weitgehend überein; hier entsprechen bei dieser geografischen Lage 500 Höhenmeter einer Differenz von etwa 1‰. Allerdings sind die im Rahmen dieser Arbeit produzierten Werte um einiges negativer als der Jahresdurchschnitt auf OIPC, was auf die Jahreszeit der Probenentnahme

zurückzuführen ist. Da die Wasserproben Anfang Mai entnommen wurden, ist hier nur eine „Momentaufnahme“ repräsentiert, die nicht mit dem Jahresdurchschnittswert verglichen werden kann. Allerdings stimmt die Höhenzonierung überein. Besonders der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wert des Inns (-13,91‰) würde, mit den OIPC-Daten verglichen, einen Wert von über 3000m ü. NN widerspiegeln. Nichtsdestotrotz liefern gerade die Ergebnisse des Innwassers einen deutlichen Hinweis darauf, dass es sich hier um Schmelzwasser aus den höher liegenden Alpen handelt. Dies muss auch bei der Interpretation der Sauerstoffdaten des Knochenkarbonats beachtet werden. Hierbei könnte der Fehler passieren, dass einige Individuen aufgrund ihrer  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ - und errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte einem sehr hoch gelegenen Lebensraum zugeordnet werden, sie stattdessen aber im Tal lebten und möglicherweise das Wasser des Inns oder eines Nebenarms zur Wasserversorgung nutzten, obwohl Wasser aus einem großen Fluss wohl eher selten direkt konsumiert wurde (Meier 2008, persönliche Mitteilung).

Bei der Interpretation der Daten muss immer berücksichtigt werden, dass es sich um die Höhenlagen des Wassereinzugsgebietes handelt und nicht zwangsläufig um die Höhe, in der die Menschen und Tiere tatsächlich gelebt haben. Vor allem sollte auch ein Vergleich mit rezenten Daten aus der OIPC-Homepage kritisch betrachtet werden, da zu Lebzeiten der Petersberger Bevölkerung ein anderes Klima herrschte und Sauerstoffisotope auch einen Klimaindikator darstellen (Mays 2000). Außerdem befand sich Mitteleuropa ab 1000 bis 1400 AD klimageschichtlich gesehen in einem Wärmemaximum (Glaser 2001) und das Klima hat sich über den Belegungszeitraum des Petersberges auch geändert. Wie sich dieser Umstand allerdings auf den Petersberg auswirkte, muss spekulativ bleiben, da sich regionale Unterschiede nur unzureichend rekonstruieren lassen. In Tabelle 47 sind die rezenten OIPC  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte aus der Gegend des Petersberges dargestellt.



Tabelle 47: OIPC-Daten mit einem Längengrad von 12° und einem Breitengrad von 47° (Schätzwerte)

Höhenmeter ü. NN	$\delta^{18}\text{O}$ Wasser (V-SMOW) in ‰	Höhenmeter ü. NN	$\delta^{18}\text{O}$ Wasser (V-SMOW) in ‰
0m	-7,4	1600m	-10,5
100m	-7,6	1700m	-10,7
200m	-7,8	1800m	-10,9
300m	-8,0	1900m	-11,1
400m	-8,2	2000m	-11,3
500m	-8,4	2100m	-11,5
600m	-8,6	2200m	-11,7
700m	-8,8	2300m	-11,9
800m	-9,0	2400m	-12,1
900m	-9,2	2500m	-12,3
1000m	-9,4	2600m	-12,5
1100m	-9,6	2700m	-12,6
1200m	-9,8	2800m	-12,8
1300m	-9,9	2900m	-13,0
1400m	-10,1	3000m	-13,2
1500m	-10,3		

Wie aus der OIPC-Tabelle und dem Vergleich mit den gemessenen Werten hervorgeht, entsprechen die im Mai genommenen Proben nicht den Jahresdurchschnittsdaten. Demzufolge müsste sich der Gipfel des Petersberges auf 1900 bis 2000m ü. NN befinden, die hohe Asten auf 2000 bis 2100m ü. NN. Der Fuß des Petersberges befände sich den Daten nach auf 1500 bis 1600m ü. NN. Leider sind zu diesen Koordinaten keine monatlichen Daten im OIPC verfügbar, eine Verifikation ist diesbezüglich nicht möglich.

Ein Vergleich der  $\delta^{18}\text{O}$ -Daten mit anderen Gräberfeldern erfolgt mittels der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Werte, weil in anderen Arbeiten keine Umrechnung in das konsumierte Wasser ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wert) erfolgte.

### 7.5.1) Das Petersberger Friedhofskollektiv

Der Median für das konsumierte Wasser ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wert) der gesamten Petersberger Menschen liegt bei  $-10,80\text{‰} \pm 2,44$ . Das entspricht laut OIPC-Tabelle einem Wassereinzugsgebiet mit einer Höhenlage von 1700/1800m ü. NN. Da das Tal 450m ü. NN, das Gipfelplateau des Petersberges 847m ü. NN und die Hohe Asten 1106m ü. NN liegen, muss das von den Menschen aufgenommene Wasser einen weiteren oder anderen Ursprung haben, als die drei geografisch nahe liegenden Gebiete. Dafür kommen einerseits der Inn und/oder seine Nebenarme in Betracht, die einen Großteil des Jahres Schmelzwasser aus den Alpen transportieren. Die Quelle des Inn entspringt zudem in der Schweiz auf etwa 2500m ü. NN. Das entspräche laut OIPC einem  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wert von  $-12,2\text{‰}$ . Die gemessene Wasserprobe vom Mai weist auf ein noch höher liegendes Wassereinzugsgebiet hin. Konsumierten die mittelalterlichen Petersberger Individuen Schmelzwasser aus höher gelegenen Gebieten, dann implizieren diese Daten, dass diese Individuen auch in diesen Höhenlagen gelebt haben. Zudem können bei stark negativen  $\delta^{18}\text{O}$ -Daten der Proben Rekristallisationseffekte eine Rolle spielen, bei denen sich im Knochen durch Porenwasser neue Kalkkristalle bilden (Struck, persönliche Mitteilung).

Ein Vergleich der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ -Daten mit anderen mittelalterlichen Gräberfeldern macht deutlich, dass der Median der Petersberger Menschen um einiges positiver ausfällt als die Mediane Kelheims ( $-9,51\text{‰}$ ,  $n=13$ ), Unteriglings ( $-9,84\text{‰}$ ,  $n=10$ ) und Zeholfings (Horizont 1:  $-8,69\text{‰}$ ,  $n=7$ ; Horizont 2:  $-10,04\text{‰}$ ,  $n=4$ ) (Strott 2006). Das bedeutet, dass das von den Petersberger Menschen konsumierte Wasser wärmer war und/oder aus

niedrigeren Regionen an Höhenmetern stammte. Das Gipfelplateau des Peterberges (847m ü. NN) liegt aber höher als alle drei anderen Grabungsorte.

Des Weiteren wurden die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte mit den  $^{14}\text{C}$ -Daten korreliert. Es konnte keine Korrelation über die Belegungszeit des Friedhofs festgestellt werden. Da eine Änderung über die Zeit ausgeschlossen werden konnte, wurde nach einem Zusammenhang mit der Höhe (ü. NN) gesucht.

### *Männer und Frauen*

Der Median der errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte liegt bei den erwachsenen Männern des Petersberges leicht positiver als bei den Frauen (-10,81‰ vs. -11,03‰). Es besteht allerdings kein signifikanter Unterschied. Die Individuen beider Geschlechter lebten somit auf gleicher (Meeres-)Höhe.

Die auf dem Petersberg beerdigten Männer und Frauen lassen sich anhand der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte in zwei Gruppen einteilen. Eine Gruppe zeigt Daten im Bereich von -7,5‰ bis -8,5‰, die andere im Bereich von -9,5‰ bis -12‰. Vergleicht man die Daten mit rezenten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerten des OIPC für die geografischen Höhenmeter „Tal Flintsbach“, „Gipfelplateau Petersberg“ und „hohe Asten“, kann eine **Zweiteilung der beerdigten Individuen in Tal- und Bergbevölkerung** postuliert werden. Hierbei muss immer berücksichtigt werden, dass es sich um Wassereinzugsgebiete handelt, also die Bergbevölkerung nicht zwingend in größeren Höhen gelebt haben muss. Es ist aber relativ sicher, dass einige Individuen im Tal bzw. unterhalb des Gipfelplateaus des Petersberges gelebt haben. Bei diesen Individuen handelt es sich um die Männer Pb 69, 262, 637, 740, 742 und 820. Bei den Frauen zeigt nur ein Individuum vergleichbare Werte, nämlich Pb 938. Diese Daten lassen die Hypothese zu, dass es sich bei dem Petersberger Friedhof um einen privilegierten Bestattungsplatz gehandelt hat, da einige Individuen wohl im Tal gelebt haben und nach ihrem Ableben 400 Höhenmeter weit nach oben getragen wurden.

---

### *Kinder und Altersunterschiede*

Betrachtet man die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte der verschiedenen Altersklassen, lässt sich postulieren, dass der Großteil der Kinder und jugendlichen/frühadulten Individuen nicht der Talbevölkerung zuzuordnen ist. Bis auf Pb 47, 227d und 227i zeigen allesamt Daten, die bezüglich der Höhe dem Gipfelplateau Petersberg und der hohen Asten entsprechen. Bei der Alterklasse der *Juvenilen* bzw. *Frühadulten* ist kein einziges Individuum dem Tal zuzuordnen.

Die Individuen von 20 bis 60 Jahren und die Individuen älter als 50 Jahre können ebenfalls als *Tal-* und *Bergbevölkerung* klassifiziert werden. Von den 20- bis 60jährigen können sieben Proben dem Tal zugeordnet werden (Pb 69, 262, 637, 740, 742, 842 und 843), von den älteren Individuen nur zwei (Pb 820 und 938).

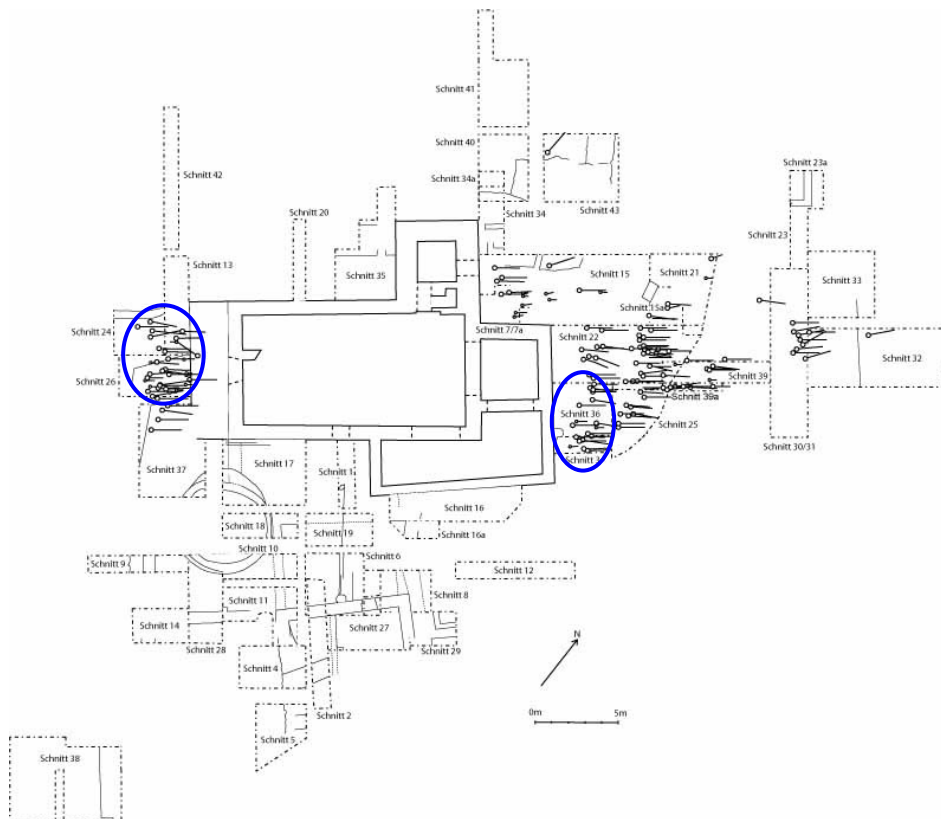
### *Die drei Friedhofsareale*

Die Mediane der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte zeigen für die drei Friedhofsareale West, Nordost und Südost keine signifikanten Unterschiede. Betrachtet man allerdings die Einzelwerte, so fällt auf, dass keines der untersuchten Individuen des Nordostteiles darauf schließen lässt, Wasser aus dem Tal konsumiert zu haben, vor allem im Vergleich zu den untersuchten Individuen des West- und Südostteils. Es kann folglich gesagt werden, dass im Nordostteil des Petersberger Friedhofs Individuen beerdigt wurden, deren Wassereinzugsgebiet in etwa auf der Höhe des heutigen Berges *Hohe Asten* liegt. Die Individuen des West- und des Südostteils unterteilen sich, wie bereits diskutiert, in die Gruppen *Berg-* und *Talbevölkerung*. Da im Südostteil hauptsächlich ehemalige Mönche vermutet werden, diese sich aber hauptsächlich im Verwurf wiederfinden und dieser bei den Isotopenanalysen nicht berücksichtigt wurde, sind die Klosterbrüder in den Proben wahrscheinlich nur zu einem Teil erfasst. Dies könnten dann die männlichen Individuen

## Diskussion

mit  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerten sein, die dem OIPC-Wert *Petersberger Gipfelplateau* nahe liegen (ca.  $-9,2\text{‰}$ ).

Eine Clusterbildung über den Friedhof zeigt, dass Individuen, deren Sauerstoffisotopensignatur auf Talbevölkerung schließen lässt, im Ostteil des Friedhofs nur in den Schnitten 36 und 3, im Westteil hingegen in allen Schnitten, (Schnitt 37 nur im Norden) zu finden sind (siehe Abbildung 129).



**Abbildung 129: Clusterbildung der  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte, die auf Talbevölkerung hinweisen**

### 7.5.2) Die Fürstenbestattungen aus Sulzbürg

Die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte der Wolfsteiner können nicht mit jenen der Petersberger verglichen werden, weil es sich hier um früheneuzeitliches Material handelt: Zu dieser Zeit gab es in Mitteleuropa eine klimatische Änderung, die als *kleine Eiszeit* bezeichnet wird (Glaser 2001). Folglich sind die  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Werte der Wolfsteiner negativer als die des Petersbergs, dessen Individuen in durchschnittlich wärmeren Zeiten lebten - obwohl Sulzbürg mit 406m ü. NN sogar unter der Talregion des Petersberges liegt.

Interessanterweise sind die errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte von Friedrich Wilhelm (-9,1‰) im Vergleich zu Georg Albrecht (-7,4‰), Elisabeth (-8,2‰) und Hans Adam (-8,4‰) deutlich abgereichert. Friedrich Wilhelm lebte von 1716 bis 1728 AD in der fünften und letzten Generation der Familie. Genau in diese Zeit lässt sich ein klimageschichtliches „Pessimum“ verorten (Glaser 2001). In der Zeitspanne zwischen 1572 und 1658 AD, in der Hans Adam, Elisabeth und Georg Albrecht lebten, lagen die Durchschnittstemperaturen noch höher.

### 7.5.3) Nahrungsnetz

Betrachtet man die errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte der verschiedenen Tierspezies, erkennt man erneut eine Gruppenbildung. Einige Daten von Tieren können dem rezenten Wasser des Tals zugeordnet werden, wie zum Beispiel die eines Schweines und einer Ziege. Die andere untersuchte Ziege und ein Schaf entsprechen Werten, die von Höhenmetern gesehen zwischen dem Gipfelplateau des Petersberges und dem Tal liegen. Die Tiere, die aus dem Tal stammen, könnten auf den Berg getrieben und auf dem Petersberg geschlachtet und verzehrt worden sein, was logistisch eine einfacher zu bewältigende Aufgabe gewesen wäre, als die toten Tiere den Berg hinauf zu tragen (Bischler, persönliche Mitteilung).

Das konsumierte Wasser einiger Tierspezies entspricht dem Höhenwert des Petersberger Gipfelplateaus. Zu nennen wäre zunächst die Katze, deren Habitat durchaus auf dem Petersberg gewesen sein könnte. Der Bär entspricht laut errechnetem  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwert ebenfalls der Höhe des Petersberges.

Zwei der untersuchten Schweine könnten ebenfalls auf dem Gipfelplateau des Petersberges oder auf gleicher Höhe im Umland gelebt haben, vergleicht man die errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte mit rezenten Daten (OIPC). Vier der Rinderproben sprechen ebenfalls für ein Leben auf dem Petersberg oder einem Ort vergleichbarer Höhe im Umland. Erstaunlicherweise zeigen nur zwei Schweine und zwei Rinder negativere Werte, die höher gelegenen Gebieten entsprechen.

Die zwei Proben der Schafe zeigen errechnete  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte von Höhenlagen zwischen Tal und Petersberg und auf Höhe der Hohen Asten. Die Daten der beiden Schafe deuten darauf hin, dass sie Wasser aus höher gelegenen Wassereinzugsgebieten getrunken haben als die beiden Ziegen. Ziegen kommen in bergigem Gelände aber weitaus besser zurecht als Schafe (Bischler, persönliche Mitteilung). Die errechneten  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte der zwei Feldhasen sind einer Höhenlage vergleichbar der Hohen Asten oder höher zuzuordnen. Die Daten der drei Hühner sind realistisch. Es ist wahrscheinlich, dass die Hühner auf Bergbauernhöfen auch jenseits der Hohen Asten gelebt haben, eventuell sind sie in Form von Abgaben an das Kloster auf den Petersberg gelangt. Dieses Argument könnte allerdings für alle Tierspezies gelten, besonders für Tiere aus dem Tal und jene Tiere, deren  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ -Wasserwerte auf eine Herkunft aus den umliegenden Bergbauernhöfen schließen lassen.

## 8. Zusammenfassung

Das **Ziel paläopathologisch-anthropologischer Studien** ist die Rekonstruktion von Lebens- und Krankheitsumständen historischer Bevölkerungen. Die Datenausbeute ist dabei abhängig vom untersuchten Material, aber auch von Art und Umfang der angewandten Methodik. Bislang lagen nur sehr begrenzte Daten zu mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bevölkerungen Süddeutschlands vor, die zudem zumeist auf morphologische Befunde beschränkt blieben. Ziel der vorliegenden Arbeit war es deshalb, ein breites **interdisziplinäres Methodenspektrum anzuwenden, um die Lebens- und Krankheitsumstände** einer definierten mittelalterlichen Bevölkerung unterschiedlichen sozialen Ranges **umfangreich zu rekonstruieren**. Dieser mittelalterlichen Bevölkerung, bestattet auf dem Petersberg in Oberbayern, wurde in einem Vergleich eine kleine Stichprobe einer sozial hoch stehenden frühneuzeitlichen Bevölkerungsgruppe gegenüber gestellt: das Fürstengeschlecht der Wolfsteiner aus Sulzbürg in der Oberpfalz.

Zu den angewandten Methoden gehörten eine morphologisch-paläopathologische Begutachtung der Skelette und Mumien, histologische Untersuchungen von Zahnzementringen und Weichteilgewebe (Wolfsteiner), DNA-Analysen zum Nachweis von Erreger-DNA und massenspektrometrische Analysen stabiler Isotope.

Anhand archäologischer Befunde ließ sich der Friedhof auf dem Petersberg in die drei Areale West, Nordost und Südost einteilen, darüber hinaus ergab sich ein Unterschied zwischen zeitlich „jüngeren“ *in situ*- Funden und zeitlich „älterem“ Verwurf . Aus dieser Fundsituation sollte eine **Zuordnung von Beobachtungen zu den Klosterinsassen und der umliegenden Bevölkerung** erreicht werden. Die Daten wurden dann in Beziehung zu den Daten der Individuen aus der Wolfsteiner Fürstengruft gesetzt.



Der Friedhof auf dem Petersberg umfasste mindestens 153 Erwachsene und 70 Kinder und Jugendliche. Da der Verwurf im Gegensatz zu den *in situ* Funden kaum weibliche Skelette enthielt, sind in diesen älteren Schichten offensichtlich vor allem die Mönche des Klosters zu finden. In den *in situ*- Funden des Südostareals ließen sich ebenfalls hauptsächlich männliche Individuen nachweisen, so dass auch hier insbesondere Klosterbrüder vermutet werden. Im Nordost- und Westareal befindet sich eine gemischte Population von Männern und Frauen. Diese stammen offenbar aus der Bevölkerung umliegender Gebiete; unter ihnen ist ein **hoher Anteil an Kinderskeletten**, darunter vor allem Kleinstkinder unter einem Jahr.

Der **allgemeine Sterbegipfel** der Erwachsenen liegt in einem Alter zwischen 30 und 50 Jahren, wobei die Männern ein leicht höheres Sterbealter aufweisen. Der Sterbealtersgipfel im Südostareal und im Verwurf ist ebenfalls leicht erhöht. Der niedrigste Sterbealtersgipfel ist im Westareal und unter den *in situ* Individuen zu finden. Dies würde auf eine Verschlechterung der Lebensbedingungen über den Belegungszeitraum des Friedhofs hindeuten. Die Körperhöhe und verschiedene Funktionsindizes der Petersberger entsprechen weitgehend bekannten Daten aus der Literatur für das europäische Mittelalter, wobei die Männer/Mönche des Südostareals und die Frauen des Westareals am größten gewesen sind. Hinweise auf gehäufte verwandtschaftliche Beziehungen (z.B. Metopismus) fehlen, hohe Raten an Hock- und Reiterfacetten weisen auf spezifische körperliche Tätigkeiten hin.

**Paläopathologisch** zeigt sich eine erhöhte Frequenz von Karies und intravitalem Zahnverlust im Westareal und unter den *in situ* Individuen, so dass Unterschiede in der Ernährung zwischen den sozialen Gruppen und im Wandel der Zeit vermutet werden können.

Die **erhebliche Verletzungsrate an den Schädeln** der postulierten Mönche weist auf gehäufte interpersonelle Konflikte hin, die wahrscheinlich auf den historisch überlieferten

Überfall auf das Kloster zurückzuführen sind. Verletzungen und deren Residuen am postcranialen Skelett zeigen weitgehend das Muster einer ländlichen Bevölkerung mit einigen Abwehrverletzungen und eventuellen „Arbeitsunfällen“.

Hinweise auf chronische Mangelsituation (insbesondere chronische Anämie, *Cribra orbitalia*) sind auffällig häufig im Nordostareal (nicht-klösterliche Bevölkerung) erkennbar. Das Ansteigen der *Cribra orbitalia*-Frequenz ab einem Alter von sechs Jahren könnte den im Mittelalter üblichen Übergang von der Kindheit in die Erwachsenenwelt als Ursache haben.

Demgegenüber bieten die Fürsten der Wolfsteiner Familie nur wenige, makroskopisch fassbare paläopathologische Befunde, keine Verletzungszeichen und nur einen Einzelbefund an Dentalpathologien.

Weiterführende **molekularbiologische Untersuchungen** an ausgewählten Individuen beider Fundorte belegen eine Infektion mit dem *Mycobacterium tuberculosis*-Komplex bei zwei Petersberger Individuen und drei Bestattungen aus Sulzbürg. Trotz dieser nur wenigen Fälle dürfte es also eine erhebliche Durchseuchung beider Bevölkerungsgruppen mit Tuberkulose gegeben haben.

Das für die **massenspektrometrische Isotopenanalyse** herangezogene Kollagen und der anorganische Knochenanteil können in der Regel als valide gelten. Durch die Analyse stabiler Isotope konnte trotz erheblicher Heterogenität der Ernährung festgestellt werden, dass einige Individuen bevorzugten Zugang zu tierischem Protein und zu Nahrung mit höherem Fettanteil hatten. Da dies insbesondere für Funde aus dem Südost-Areal (und geringer den Westteil) zutrif, **dürften sich besonders die Mönche „besser“ ernährt haben**. Zwischen Männern und Frauen gibt es bezüglich der Ernährung keine signifikanten Unterschiede. Allerdings korreliert die Körperhöhe der Frauen mit den Stickstoffisotopen des Kollagens mehr als bei den Männern. Es gibt in Bezug auf das Alter

einen sehr signifikanten Unterschied in der Ernährungsweise. **Verstorbene Jugendliche und Jungerwachsene zeigten deutlich „schlechtere“ Ernährungswerte**, auch ältere Menschen über 50 und Kinder zwischen sechs und zwölf Jahren schienen keinen guten Zugang zu tierischem Protein gehabt zu haben. Alle Individuen des Petersberges haben sich hauptsächlich von C<sub>3</sub>-Pflanzen ernährt, als Grundnahrungsmittel wurde wohl Roggen- und Weizenbrot verzehrt. Ein großer Anteil von Hülsenfrüchten in der Nahrung kann ausgeschlossen werden.

Demgegenüber ist die **Ernährungslage der Wolfsteiner Fürsten als erheblich besser anzusehen**, mit deutlichen Hinweisen für viel tierisches Protein und erhöhten Fettgehalt.

Bei der Erstellung eines Nahrungsnetzes steht der Mensch gemeinsam mit der rein karnivoren Katze an der Spitze und lässt sich gut von den herbivoren Spezies abgrenzen. Außerdem kann bei einigen Kindern und auch Kälbern gezeigt werden, dass sie gestillt/gesäugt wurden. Die Sauerstoffisotopien zeigten für einige Individuen vom Petersberg ein abweichendes Wassereinzugsgebiet, hier konnte eine andere Herkunft nachgewiesen werden. Anhand der Werte ließen sich einige Individuen der **Talbevölkerung** zuordnen, ihre Skelette **wurden auf dem Friedhof offenbar bewusst an bestimmten Plätzen gruppiert**. Auch wenn die Sauerstoffisotopien der Wolfsteiner nicht direkt mit den Bestattungen vom Petersbergs verglichen werden können, da diese einer anderen Zeit (und Klima) entstammen, zeigen die Werte der **Wolfsteiner erhebliche Unterschiede entsprechend der bekannten klimageschichtlichen Zuordnung ihrer Lebenszeit in die „kleine Eiszeit“** nach einer vorhergehenden Wärmeperiode.

Die vorliegenden Untersuchungen zeitlich, räumlich und sozial unterschiedlicher Bevölkerungen Süddeutschlands zeigen deutliche Unterschiede: In der Ernährung, in damit korrelierten paläopathologischen Befunden und in der generellen Lebenserwartung.

Dem steht eine hohe Prävalenz von Infektionskrankheiten gegenüber –hier exemplarisch untersucht am Beispiel der Tuberkulose– , die die verschiedenen Bevölkerungen in hohem Maß betroffen haben dürften. Eine Rekonstruktion historischer Lebens- und Krankheitsverhältnisse unter Einsatz multidisziplinärer Untersuchungsverfahren ist damit überraschend umfangreich gelungen.

## 9. Bibliographie

- Acsádi G, Nemeskéri I (1970) History of human lifespan and mortality. *Academiai Kiado, Budapest*
- Adler C-P (1998) *Knochenkrankheiten. Diagnostik makroskopischer, histologischer und radiologischer Strukturveränderungen des Skeletts*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Adler P (1967) Die Chronologie der Gebissentwicklung. In: Harndt E, Weyers H (eds) *Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde im Kindesalter. Die Quintessenz*, Berlin, pp 38-74
- Ambrose SH (1986) Stable Carbon and Nitrogen Isotope Analysis of Human and Animal Diet in Africa. *Journal of Human Evolution* 15: 707-731
- Ambrose SH (1990) Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science* 17: 431-451
- Ambrose SH (1991) Effects of Diet, Climate and Physiology on Nitrogen Isotope Abundances in Terrestrial Foodwebs. *Journal of Archaeological Science* 18: 293-317
- Ambrose SH (1993) Isotopic Analysis of Paleodiets: Methodological and Interpretive Considerations. In: Sandford MK (ed) *Investigations of ancient Human Tissue, Chemical Analysis in Anthropology*. Gordon and Breach Science Publishers, Langhorne, Pennsylvania, pp 59-130
- Ambrose SH, Butler BM, Hanson DB, Hunter-Anderson RL, Krueger HW (1997) Stable Isotopic Analysis of Human Diet in the Marianas Archipelago, Western Pacific. *American Journal of Physical Anthropology* 104: 343-361
- Ambrose SH, Norr L (1993) Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. In: Lambert JB, Grupe G (eds) *Prehistoric Human Bone - Archaeology at the Molecular Level*. Springer-Verlag, Berlin, pp 1-37
- Angel JL (1966) Porotic Hyperostosis Anemias Malaria and Marshes in Prehistoric Eastern Mediterranean. *Science* 153: 760-&
- Armstrong WG, Halstead LB, Reed FB, Wood L (1983) Fossil Proteins in Vertebrate Calcified Tissues. *Philosophical Transactions of the Royal Society London* 301: 301-343
- Arnold K (1987) Die Einstellung zum Kind im Mittelalter. In: Herrmann B (ed) *Mensch und Umwelt im Mittelalter*. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, pp 53-64
- Bach H (1965) Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen weiblicher Skelette. *Anthropologischer Anzeiger* 29: S. 12-21
- Balasse M, Bocherens H, Mariotti A (1999) Intra-bone Variability of Collagen and Apatite Isotopic Composition Used as Evidence of a Change of Diet. *Journal of Archaeological Science* 26: 593-598

- Baron H, Hummel S, Herrmann B (1996) Mycobacterium tuberculosis complex DNA in ancient human bones. *Journal of Archaeological Science* 23: 667-671
- Begon ME, Harper JL, Townsend CR (1998) *Ökologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin
- Behre K-E (1987) Die Ernährung im Mittelalter. In: Herrmann B (ed) *Mensch und Umwelt im Mittelalter*. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, pp 74-87
- Behrendt T (1930) Verkalkungen von Pleuraschwarten. *Lung* 76: 129-164
- Bennike P (1985) *Palaeopathology of Danish Skeletons. A Comparative Study of Demography, Disease and Injury*. Akademisk Forlag, Copenhagen
- Bentley RA, Knipper C (2005) Geographical patterns in biologically available strontium, carbon and oxygen isotope signatures in prehistoric SW Germany. *Archaeometry* 47: 629-644
- Berglund BE, (Ed.) (1991) *The cultural landscape during 6000 years in southern Sweden - the Ystad Project*. Munksgaard International Booksellers and Publishers, Copenhagen
- Bischler S (2006) Abschlussbericht zum Dissertationsvorhaben "Archäozoologische Bearbeitung der Tierreste aus drei mittelalterlichen Siedlungen Altbaierns (Kelheim, Unterigling, Petersberg)". Ludwig-Maximilians-Universität, Institut für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie und Provinzialrömische Archäologie, München, pp 18
- Bocherens H, Drucker DG, Billiou D, Geneste JM, van der Plicht J (2006) Bears and humans in Chauvet Cave (Vallon-Pont-d'Arc, Ardeche, France): insights from stable isotopes and radiocarbon dating of bone collagen. *Journal of Human Evolution* 50: 370-376
- Bocherens H, Fizet M, Mariotti A (1994) Diet, Physiology and Ecology of Fossil Mammals as Inferred from Stable Carbon and Nitrogen Isotope Biogeochemistry - Implications for Pleistocene Bears. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 107: 213-225
- Boom R, Sol CJA, Salimans MMM, Jansen CL, Wertheim-van Dillen PME, van der Noordaa J (1990) Rapid and Simple Method for Purification of Nucleic Acids. *Journal of Clinical Microbiology* 28: 495-503
- Bösl C, Grupe G, Peters J (2006) A Late Neolithic vertebrate food web based on stable isotope analyses. *International Journal of Osteoarchaeology* 16: 296-315
- Boulle EL (2001) Evolution of two human skeletal markers of the squatting position: A diachronic study from antiquity to the modern age. *American Journal of Physical Anthropology* 115: 50-56
- Breitinger E (1938) Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen. *Anthrop. Anz.* 14: 249-274
- Brodrick AH (1948) *Early Man; a Survey of Human Origins*. Hutchinson, London
- Brothwell DR (1981) *Digging up Bones. The excavation, treatment and study of human skeletal remains*. Cornell University Press, New York

- Budd P, Millard A, Chenery C, Lucy S, Roberts C (2004) Investigating population movement by stable isotope analysis: a report from Britain. *Antiquity* 78: 127-141
- Campbell NA (1997) *Biologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford
- Caselitz P (1983) Die menschlichen Skelettreste aus dem Dominikanerkloster zu Schleswig. In: Caselitz P, Unverhau D, Vogel V (eds) *Ausgrabungen in Schleswig. Berichte und Studien 1*. Karl Wachholtz Verlag, Neumünster, pp 112-216
- Caselitz P (1998) Caries-Ancient Plague of Humankind. In: Alt KW, Rösing FW, Teschler-Nicola M (eds) *Dental Anthropology. Fundamentals, Limits, and Prospects*. Springer-Verlag, Wien, New York, pp 203-226
- Charles DK, Condon K, Cheverud JM, Buikstra JE (1986) Cementum Annulation and Age-Determination in Homo-Sapiens 1. Tooth Variability and Observer Error. *American Journal of Physical Anthropology* 71: 311-320
- Cipollaro M, Di Bernardo G, Galano G, Galderisi U, Guarino F, Angelini F, Cascino A (1998) Ancient DNA in human bone remains from Pompeii archaeological site. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 247: 901-904
- Cipriano A (2002) Cold stress in captive great apes recorded in incremental lines of dental cementum. *Folia Primatologica* 73: 21-31
- Condon K, Charles DK, Cheverud JM, Buikstra JE (1986) Cementum Annulation and Age-Determination in Homo-Sapiens 2. Estimates and Accuracy. *American Journal of Physical Anthropology* 71: 321-330
- Courville CB (1967) Cranial Injuries in Prehistoric Man. In: Brothwell DR, Sandison AT (eds) *Diseases in Antiquity*. Charles C. Thomas, Springfield, pp 606-622
- Craig H (1957) Isotopic standards for carbon and oxygen and correction Factors for mass spectrometric analysis of carbon dioxide. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 12: 133-149
- Cybulski JS (1977) Cribra-Orbitalia, a Possible Sign of Anemia in Early Historic Native Populations of British-Columbia Coast. *American Journal of Physical Anthropology* 47: 31-39
- Czermak A (2003) *Anthropologische Analyse der Skelettfunde aus der Separatgrablege von Etting, Landkreis Ingolstadt, Ludwig-Maximilians-Universität*
- Deniro MJ (1985) Postmortem Preservation and Alteration of In vivo Bone-Collagen Isotope Ratios in Relation to Paleodietary Reconstruction. *Nature* 317: 806-809
- Deniro MJ, Epstein S (1978) Influence of Diet on Distribution of Carbon Isotopes in Animals. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 42: 495-506
- Deniro MJ, Weiner S (1988) Chemical, Enzymatic and Spectroscopic Characterization of Collagen and Other Organic Fractions from Prehistoric Bones. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 52: 2197-2206
- Dincauze DF (2000) *Environmental archaeology: principles and practice*. Cambridge University Press, Cambridge

- Dittmann K (1999) Lebensbedingungen für Kinder im ausgehenden frühen Mittelalter (500 bis 700 n. Chr.). Ergebnisse der paläopathologischen Untersuchungen an den Kinderskeletten aus dem alamannisch-fränkischen Reihengräberfeld von Wenigumstadt, Ldkr. Aschaffenburg, Bayern. Diplomarbeit, Ludwig-Maximilians-Universität
- Dittmann K, Grupe G (2000) Biochemical and palaeopathological investigations on weaning and infant mortality in the early Middle Ages. *Anthrop. Anz.* 58: 345-355
- Djuric MR, Roberts CA, Rakocevic ZB, Djonc DD, Lesic AR (2006) Fractures in Late Medieval skeletal populations from Serbia. *American Journal of Physical Anthropology* 130: 167-178
- Dlamini N, Morris AG (2005) An investigation of the frequency of squatting facets in later stone age foragers from South Africa. *International Journal of Osteoarchaeology* 15: 371-376
- Donoghue HD, Spigelman M, Zias J, Gernaey-Child AM, Minnikin DE (1998) Mycobacterium tuberculosis complex DNA in calcified pleura from remains 1400 years old. *Letters in Applied Microbiology* 27: 265-269
- Drancourt M, Aboudharam G, Signoli M, Dutour O, Raoult D (1998) Detection of 400-year-old Yersinia pestis DNA in human dental pulp: An approach to the diagnosis of ancient septicemia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95: 12637-12640
- Droese W, Stolley H (1984) Ernährung des Säuglings. In: Betke K, Künzer W (eds) *Lehrbuch der Kinderheilkunde*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- Dupras TL, Schwarcz HP (2001) Strangers in a Strange Land: Stable Isotope Evidence for Human Migration in Dakhleh Oasis, Egypt. *Journal of Archaeological Science* 28: 1199-1208
- Eisenach KD, Cave MD, Bates JH, Crawford JT (1990) Polymerase Chain-Reaction Amplification of a Repetitive DNA-Sequence Specific for Mycobacterium-Tuberculosis. *Journal of Infectious Diseases* 161: 977-981
- El-Najjar MY, Lozoff B, Ryan DJ (1975) Paleoepidemiology of Porotic Hyperostosis in American Southwest - Radiological and Ecological Considerations. *American Journal of Roentgenology* 125: 918-924
- Elster H, Gil-Av E, Weiner S (1991) Amino acid racemization of fossil bone. *Journal of Archaeological Science* 18: 605-617
- Evison MP, Smillie DM, Chamberlain AT (1997) Extraction of single-copy nuclear DNA from forensic specimens with a variety of postmortem histories. *Journal of Forensic Sciences* 42: 1032-1038
- Facchini F, Rastelli E, Brasili P (2004) Cribra orbitalia and cribra cranii in Roman skeletal remains from the Ravenna area and Rimini (I-IV Century AD). *International Journal of Osteoarchaeology* 14: 126-136



- Faerman M, Filon D, Kahila G, Greenblatt CL, Smith P, Oppenheim A (1995) Sex identification of archaeological human remains based on amplification of the X and Y amelogenin alleles. *Gene* 167: 327-332
- Fazekas GI, Kosa F (1978) Forensic fetal osteology. Akademiai Kiado, Budapest
- Ferembach D, Schwidetzky I, Stloukal M (1979) Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo* 30: 1-32
- Fogl JG, Mosby HS (1978) Aging Gray Squirrels by Cementum Annuli in Razor-Sectioned Teeth. *Journal of Wildlife Management* 42: 444-448
- Fry B (2006) Stable Isotope Ecology. Springer Science & Business Media, New York
- Fry B, Brand W, Mersch FJ, Tholke K, Garritt R (1992) Automated-Analysis System for Coupled Delta-C-13 and Delta-N-15 Measurements. *Analytical Chemistry* 64: 288-291
- Gasaway WC, Harkness DB, Rausch RA (1978) Accuracy of Moose Age-Determinations from Incisor Cementum Layers. *Journal of Wildlife Management* 42: 558-563
- Gebhardt KE (2003) Anthropologische Untersuchung der Skelettfunde. In: Witte F (ed) Archäologie in Flensburg. Ausgrabungen am Franziskanerkloster. Gesellschaft für Flensburger Stadtgeschichte e. V., Flensburg, pp 76-103
- Ghossein RA, Ross DG, Salomon RN, Rabson AR (1994) A Search for Mycobacterial DNA in Sarcoidosis Using the Polymerase Chain-Reaction. *American Journal of Clinical Pathology* 101: 733-737
- Gilg HA, Struck U, Vennemann T, Boni M (2003) Phosphoric acid fractionation factors for smithsonite and cerussite between 25 and 72 degrees C. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 67: 4049-4055
- Gill P, Ivanov PL, Kimpton C, Piercy R, Benson N, Tully G, Evett I, Hagelberg E, Sullivan K (1994) Identification of the Remains of the Romanov Family by DNA Analysis. *Nature Genetics* 6: 130-135
- Glaser R (2001) Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
- Goetz H-W (1994) Leben im Mittelalter. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München
- Grauer AL, Roberts CA (1996) Paleoepidemiology, healing, and possible treatment of trauma in the medieval cemetery population of St Helen-on-the-walls, York, England. *American Journal of Physical Anthropology* 100: 531-544
- Graw M (2001) Morphometrische und morphognostische Geschlechtsdiagnostik an der menschlichen Schädelbasis. In: Oehmichen M, Geserick G (eds) Osteologische Identifikation und Altersschätzung. Research in Legal Medicine, vol 26. Schmidt-Römhild, Lübeck, pp 103-121
- Graw M, Holley S, Zink A, Peschel O (2008) Forensisch-anthropologische Untersuchungen. Die Restaurierung der Wolfstein-Gruft in der ev. Schlosskirche St. Michael, Sulzbürg. Institut für Restaurierung Wasserburg, Wasserburg
- Graw M, Wahl J, Ahlbrecht M (2005) Course of the meatus acusticus internus as criterion for sex differentiation. *Forensic Science International* 147: 113-117

- Gray H (1954) *Gray's Anatomy*. Longmans, Green and Co., London, New York, Toronto
- Groenman-van Waateringe W, van Wijngaarden-Bakker LH, (Eds.) (1987) *Farm life in a carolingian village: a model based on botanical and zoological data from an excavated site*. Van Gorcum, Assen
- Grosskopf B (1990) Age-Determination by Counting Incremental Lines in Dental Cementum of Burial Human Teeth. *Zeitschrift Fur Rechtsmedizin-Journal of Legal Medicine* 103: 351-359
- Grue H, Jensen B (1979) Review of the formation of incremental lines in tooth cementum of terrestrial mammals. *Dan. Rev. Game Biol.* 11: 1-48
- Grupe G (1987) Umwelt und Bevölkerungsentwicklung im Mittelalter. In: Herrmann B (ed) *Mensch und Umwelt im Mittelalter*. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, pp 24-34
- Grupe G (1989) Die "Ressource Frau" -Aussagemöglichkeiten der Biowissenschaften. In: Affeldt W (ed) *Frauen in Spätantike und Frühmittelalter*. Thorbecke, Sigmaringen
- Grupe G (1992) Analytisch-chemische Methoden in der prähistorischen Anthropologie: Spurenelemente und stabile Isotope. In: Knußmann R (ed) *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen, vol I/ 2.Teil*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, pp 66-73
- Grupe G (1995a) Preservation of Collagen in Bone from Dry, Sandy Soil. *Journal of Archaeological Science* 22: 193-199
- Grupe G (1995b) Zur Ätiologie der Cribra orbitalia: Auswirkungen auf das Aminosäureprofil im Knochenkollagen und den Eisengehalt des Knochenminerals. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie* 81: 125-137
- Grupe G, Christiansen K, Schröder I, Wittwer-Backofen U (2005) *Anthropologie. Ein einführendes Lehrbuch*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- Grupe G, Turban-Just S (1998) Amino acid composition of degraded matrix collagen from archaeological human bone. *Anthropologischer Anzeiger* 56: 213-226
- Haas CJ, Zink A, Molnar E, Szeimies U, Reischl U, Marcsik A, Ardagna Y, Dutour O, Palfi G, Nerlich AG (2000a) Molecular evidence for different stages of tuberculosis in ancient bone samples from Hungary. *American Journal of Physical Anthropology* 113: 293-304
- Haas CJ, Zink A, Palfi G, Szeimies U, Nerlich AG (2000b) Detection of leprosy in ancient human skeletal remains by molecular identification of *Mycobacterium leprae*. *American Journal of Clinical Pathology* 114: 428-436
- Hagelberg E, Gray IC, Jeffreys AJ (1991) Identification of the Skeletal Remains of a Murder Victim by DNA Analysis. *Nature* 352: 427-429
- Hagelberg E, Quevedo S, Turbon D, Clegg JB (1994) DNA from Ancient Easter-Islanders. *Nature* 369: 25-26
- Hahn H, Falke D, Kaufmann SHE, Ullmann U (1999) *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York

- Hanihara T, Ishida H (2001) Frequency variations of discrete cranial traits in major human populations. I. Supernumerary ossicle variations. *Journal of Anatomy* 198: 689-706
- Harbeck M (2006) Molekularbiologische Parameter liegemilieubedingter Knochenalterung - Implikationen für die biologische Spurenkunde, Ludwig-Maximilians-Universität
- Hare PE (1980) Organic Geochemistry of Bone and its Relation to the Survival of Bone in the Natural Environment. In: Behrensmeyer AK, Hill AP (eds) *Fossils in Making*. University of Chicago Press, Chicago, pp 208-219
- Hart H (1989) *Organische Chemie. Ein kurzes Lehrbuch*. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Basel, Cambridge, New York
- Hauser G, De Stefano GF (1989) Epigenetic Variants of the Human Skull. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- Helmuth H (1977) Körperhöhe, Paläodemographie und Selektion bei der frühmittelalterlichen Skelettserie von Altenerding. In: Schröter P (ed) *75 Jahre Anthropologische Staatssammlung München 1902-1977*. Selbstverlag der Anthropologischen Staatssammlung München, München, pp 125-142
- Hengen OP (1971) Cribra orbitalia: Pathogenesis and probable etiology. *Homo* 22: 57-75
- Herrmann B, Grupe G (1986) Empirische Grundlagen zur Rekonstruktion von Lebensbedingungen der Frauen im Mittelalter. In: Affeldt W, Kuhn A (eds) *Frauen in der Geschichte VII. Pädagogischer Verlag Schwann-Bagel, Düsseldorf*, pp 44-52
- Herrmann B, Grupe G, Hummel S, Piepenbrink H, Schutkowski H (1990) *Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Hillebrecht M-L (1987) Eine mittelalterliche Energiekrise. In: Herrmann B (ed) *Mensch und Umwelt im Mittelalter*. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, pp 275-283
- Hoefs J (2004) *Stable Isotope Geochemistry. Fifth Revised and updated Edition*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Hotz G (2004) Cribra orbitalia, Schmelzhypoplasie und Lebenserwartung der 20jährigen als sozial- und geschlechtsspezifische Stressindikatoren bezüglich der Gesundheitssituation einer frühmittelalterlichen Bevölkerung. *Anthropologischer Anzeiger* 62: 291-299
- Hühne-Osterloh G (1989) Ursachen von Kindersterblichkeit in einer hochmittelalterlichen Skelettserie. *Anthropologischer Anzeiger* 47: 11-25
- Iacumin P, Bocherens H, Mariotti A, Longinelli A (1996) Oxygen isotope analyses of co-existing carbonate and phosphate in biogenic apatite: A way to monitor diagenetic alteration of bone phosphate? *Earth and Planetary Science Letters* 142: 1-6
- Ingold T (2000) *The Perception of the Environment. Essays on livelihood, dwelling and skill*. Routledge, Taylor & Francis Group, London, New York
- Jankuhn H, Schietzel K, Reichstein H, (Eds.) (1984) *Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen an ländlichen und frühstädtischen Siedlungen im deutschen Küstengebiet vom 5. Jahrhundert v. Chr. bis zum 11. Jahrhundert n. Chr.* Acta Humaniora, Weinheim

- Janssens PA (1981) Porotic Hyperostosis and Goat's Milk Anaemia: A Theory (More). *Ossa* 8: 101-108
- Jim S, Ambrose SH, Evershed RP (2004) Stable carbon isotopic evidence for differences in the dietary origin of bone cholesterol, collagen and apatite: Implications for their use in palaeodietary reconstruction. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 68: 61-72
- Judd MA, Roberts CA (1999) Fracture trauma in a medieval British farming village. *American Journal of Physical Anthropology* 109: 229-243
- Kagerer P, Grupe G (2001) Age-at-death diagnosis and determination of life-history parameters by incremental lines in human dental cementum as an identification aid. *Forensic Science International* 118: 75-82
- Kaserer M (2006) *Woran starben junge Erwachsene im Mittelalter?*, Ludwig-Maximilians-Universität München
- Kay RF, Rasmussen DT, Beard KC (1984) Cementum Annulus Counts Provide a Means for Age-Determination in *Macaca-Mulatta* (Primates, Anthropeidea). *Folia Primatologica* 42: 85-95
- Keenleyside A, Panayotova K (2006) Cribra orbitalia and porotic hyperostosis in a Greek colonial population (5th to 3rd centuries BC) from the Black Sea. *International Journal of Osteoarchaeology* 16: 373-384
- Keiss RE (1969) Comparison of Eruption-Wear Patterns and Cementum Annuli as Age Criteria in Elk. *Journal of Wildlife Management* 33: 175-&
- Kennedy BVE (1988) Variation in  $\delta^{18}C$  values of post-medieval Europeans. Dissertation, University of Calgary
- Kießling G (2008) *Baugeschichte der Schlosskirche St. Michael. Die Restaurierung der Wolfstein-Gruft*. Institut für Restaurierung Wasserburg, Wasserburg, pp 43-44
- Knudson KJ, Aufderheide AE, Buikstra JE (2007) Seasonality and paleodiet in the Chiribaya polity of southern Peru. *Journal of Archaeological Science* 34: 451-462
- Koch PL, Fogel ML, Tuross N (1994) Tracing the diets of fossil animals using stable isotopes. In: Lajtha K, H. MR (eds) *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp 63-92
- Koch PL, Tuross N, Fogel ML (1997) The Effects of Sample Treatment and Diagenesis on the Isotopic Integrity of Carbonate in Biogenic Hydroxylapatite. *J. Archaeol. Sci.* 24: 417-429
- Kohn MJ (1996) Predicting animal  $\delta^{18}O$ : Accounting for diet and physiological adaptation. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 60: 4811-4829
- Kölbl S (1996) Arthritis und Arthrosis. In: Czarnetzki A (ed) *Stumme Zeugen ihrer Leiden: Paläopathologische Befunde*. Attempto Verlag Tübingen GmbH, Tübingen, pp 41-64
- Kossack G, Behre K-E, Schmid P, (Eds.) (1984) *Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen an ländlichen und frühstädtischen Siedlungen im deutschen Küstengebiet vom 5. Jahrhundert v. Chr. bis zum 11. Jahrhundert n. Chr.* Acta Humaniora, Weinheim

- Kreutz K (1997) Ätiologie und Epidemiologie von Erkrankungen des Kindesalters bei der bajuwarischen Population von Straubing (Niederbayern). In: Schultz M (ed) Beiträge zur Paläopathologie, vol 1. Cuvillier Verlag, Göttingen
- Krueger HW, Sullivan A (1984) Models for Carbon Isotope Fractionation Between Diet and Bone. In: Turnland JF, Johnson PE (eds) Stable Isotopes in Nutrition. ACS Symposium Series, vol 258. American Chemical Society, pp 205-220
- Kurz F (2008) Das Geschlecht der Wolfsteiner- verdienstvoll für Kaiser und Reich, Schutzherrn ihrer Untertanen im "Landl". Die Restaurierung der Wolfstein-Gruft. Institut für Restaurierung Wasserburg, Wasserburg, pp 41-42
- Küster H (1989) Mittelalterliche Eingriffe in Naturräume des Voralpenlandes. In: Herrmann B (ed) Umwelt in der Geschichte. Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen, pp 63-76
- Küster H (1995) Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa von der Eiszeit bis zur Gegenwart. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München
- Küster H (1998) Geschichte des Waldes: von der Urzeit bis zur Gegenwart. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München
- Lampert W, Sommer U (1999) Limnoökologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- Langenscheidt F (1985) Methodenkritische Untersuchungen zur Paläodemographie am Beispiel zweier fränkischer Gräberfelder. Materialien zur Bevölkerungswissenschaft, Wiesbaden
- Later C (2003) Die mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Kleinfunde mit religiösem und säkularem Charakter vom Petersberg bei Flintsbach/Inn, Lkr. Rosenheim, Ludwig-Maximilians-Universität München
- Lee-Thorp JA (2000) Preservation of Biogenic Carbon Isotopic Signals in Plio-Pleistocene Bone and Tooth Mineral. In: Ambrose SH, Katzenberg MA (eds) Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis. Kluwer Academic, Plenum Publishers, New York, pp 89-115
- Lee-Thorp JA, Sealy JC, van der Merwe NJ (1989) Stable Carbon Isotope Ratio Differences Between Bone Collagen and Bone Apatite, and their Relationship to Diet. J. Archaeol. Sci. 16: 585-599
- Lee-Thorp JA, van der Merwe NJ (1991) Aspects of the Chemistry of Modern and Fossil Biological Apatites. Journal of Archaeological Science 18: 343-354
- Lewis ME (2002) Impact of industrialization: Comparative study of child health in four sites from medieval and postmedieval England (AD 850-1859). American Journal of Physical Anthropology 119: 211-223
- Lindskog S, Blomlof L, Hammarstrom L (1987) Cellular Colonization of Denuded Root Surfaces In vivo - Cell Morphology in Dentin Resorption and Cementum Repair. Journal of Clinical Periodontology 14: 390-395
- Linhart SB, Knowlton FF (1967) Determining Age of Coyotes by Tooth Cementum Layers. Journal of Wildlife Management 31: 362-&

- Longin R (1971) New Method of Collagen Extraction for Radiocarbon Dating. *Nature* 230: 241-&
- Longinelli A (1984) Oxygen Isotopes in Mammal Bone Phosphate - a New Tool for Paleohydrological and Paleoclimatological Research. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 48: 385-390
- Lösch S (2003) Nahrungsnetze im frühneolithischen Nevali Cori - Rekonstruktion mittels stabiler C-, N- und O-Isotope in archäologischen Skelettfunden. Diplomarbeit, Ludwig-Maximilians-Universität
- Lösch S, Grupe G, Peters J (2006) Stable isotopes and dietary adaptations in humans and animals at Pre-Pottery Neolithic Nevali Cori, southeast Anatolia. *American Journal of Physical Anthropology* 131: 181-193
- Lüllmann-Rauch R (2003) *Histologie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- Macko SA, Engel MH, Andrusevich V, Lubec G, O'Connell TC, Hedges REM (1999) Documenting the diet in ancient human populations through stable isotope analysis of hair. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 354: 65-75
- Madea B, Dettmeyer R (2007) *Basiswissen Rechtsmedizin*. Springer Verlag, Berlin
- Mariotti A (1983) Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural <sup>15</sup>N abundance measurements. *Nature* 303: 685-687
- Marks SA, Erickson AW (1966) Age Determination in Black Bear. *Journal of Wildlife Management* 30: 389-&
- Marshall JD, Brooks JR, Lajtha K (2007) Sources of variation in the stable isotopic composition of plants. In: Michener R, Lajtha K (eds) *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Blackwell Publishing, Malden, Oxford, Carlton, Hong Kong, pp 566
- Martin R (1914) *Lehrbuch der Anthropologie. In systematischer Darstellung*. Verlag von Gustav Fischer, Jena
- Mays S (2000) New Directions in the Analysis of Stable Isotopes in Excavated Bones and Teeth. In: Cox M, Mays S (eds) *Human Osteology, Archaeology and Forensic Science*. Medical Media Ltd, Greenwich, pp 425-438
- Mays SA (1997) Carbon stable isotope ratios in mediaeval and later human skeletons from northern England. *Journal of Archaeological Science* 24: 561-568
- McEwan EH (1963) Seasonal Annuli in Cementum of Teeth of Barren Ground Caribou. *Canadian Journal of Zoology* 41: 111-&
- McGlynn G (2007) Using <sup>13</sup>C-, <sup>15</sup>N- and <sup>18</sup>O stable isotope analysis of human bone tissue to identify transhumance, high altitude habitation and reconstruct palaeodiet for the early medieval Alpine population at Volders, Austria. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität
- McKinney AR, McCrea JM, Epstein S, Allen HA, Urey HC (1950) Improvements in mass spectrometry for the measurement of small differences in isotope abundance ratios. *Revue of Scientific Instruments* 21: 724-730

- Meier T (1998) Ein mittelalterliches Kloster mit Friedhof auf dem Kleinen Madron/Petersberg bei Flintsbach a. Inn. Landkreis Rosenheim, Oberbayern. *Das Archäologische Jahr in Bayern* 1998: 127-129
- Meier T (1998/1999) Die mittelalterliche und frühneuzeitliche Besiedlung auf dem Petersberg/Kleinen Madron bei Flintsbach a. Inn, Lkr. Rosenheim - Überlieferung und erste Ergebnisse der Ausgrabungen 1997/98. *Bericht der Bayrischen Bodendenkmalpflege* 39/40: 303-318
- Meier T (2001) Mithras im Mittelalter? Ein außerordentlicher Fund des 2./3. und 13. Jahrhunderts vom Petersberg. Gemeinde Flintsbach a. Inn, Landkreis Rosenheim, Oberbayern. *Das Archäologische Jahr in Bayern* 2001: 146-148
- Meier T (2002) Ökosystem, Sozialstruktur und Wirtschaftsweise im mittelalterlichen Altbaiern. Volkswagen Stiftung. Förderantrag im Programm "Nachwuchsförderung in der fächerübergreifenden Umweltforschung". Ludwig-Maximilians-Universität. Institut für Vor- und Frühgeschichte und Provinzialrömische Archäologie, München, pp 55
- Meier T (2007) Ernährung im mittelalterlichen Südbayern- Von Quellen, Widersprüchen und Vernetzungen (unter Mitarbeit von F. Schmitt, S. Bischler, S. Lösch, M. Peters, S. Früchtl). In: Klein U, Jansen M, Untermann M (eds) *Küche-Kochen-Ernährung*, vol 19. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit*, Paderborn, pp 259-268
- Meier T, Wild M (2003/2004) Bronze- und eisenzeitliche Funde vom Petersberg. *Das Archäologische Jahr in Bayern* 2003: 38-41
- Mohr RH, Meier T, Wiechmann I, Grupe G (1998/1999) Morphologische und molekularbiologische Untersuchungen einer ungewöhnlichen Dreifachbestattung am Petersberg/Kleinen Madron bei Flintsbach a. Inn, Lkr. Rosenheim. *Bericht der Bayrischen Bodendenkmalpflege* 39/40: 319-330
- Mollison T (1936) Zeichen gewaltsamer Verletzungen an den Ofnet-Schädeln. *Anthropologischer Anzeiger* 13
- Mortimer CE (1996) *Chemie: das Basiswissen der Chemie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- Mülhardt C (2002) *Der Experimentator: Molekularbiologie/Genomics*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin
- Mullis KB, Faloona FA (1987) Specific Synthesis of DNA Invitro Via a Polymerase-Catalyzed Chain-Reaction. *Methods in Enzymology* 155: 335-350
- Nardoto GB, Silva S, Kendall C, Ehleringer JR, Chesson LA, Ferraz ESB, Moreira MZ, Ometto J, Martinelli LA (2006) Geographical patterns of human diet derived from stable-isotope analysis of fingernails. *American Journal of Physical Anthropology* 131: 137-146
- Nelson DE, Angerbjorn A, Liden K, Turk I (1998) Stable isotopes and the metabolism of the European cave bear. *Oecologia* 116: 177-181

- Nelson RA, Jones JD, Wahner HW, McGill DB, Code CF (1975) Nitrogen-Metabolism in Bears - Urea Metabolism in Summer Starvation and in Winter Sleep and Role of Urinary-Bladder in Water and Nitrogen Conservation. *Mayo Clinic Proceedings* 50: 141-146
- Nerlich A, Zink A (2001) Leben und Krankheiten im alten Ägypten. *Bayerisches Ärzteblatt* 8: 373-376
- Nerlich AG, Bachmeier B, Zink A, Thalhammer S, Egarter-Vigi E (2003) Ötzi had a wound on his right hand. *Lancet* 362: 334-334
- Nerlich AG, Haas CJ, Zink A, Sziemles U, Hagedorn HG (1997a) Molecular evidence for tuberculosis in an ancient Egyptian mummy. *Lancet* 350: 1404-1404
- Nerlich AG, Parsche F, Wiest I, Schramel P, Löhrs U (1995) Extensive pulmonary haemorrhage in an Egyptian mummy. *Virchows Archiv-an International Journal of Pathology* 427: 423-429
- Nerlich AG, Schraut B, Dittrich S, Jelinek T, Zink AR (2008) Plasmodium falciparum in ancient Egypt. *Emerging Infectious Diseases* 14: 1317-1319
- Nerlich AG, Zink A, Hagedorn HG, Szeimies U, Weyss C (2000) Anthropological and palaeopathological analysis of the human remains from three "Tombs of the Nobles" of the necropolis of Thebes-West, Upper Egypt. *Anthropologischer Anzeiger* 58: 321-343
- Nerlich AG, Zink A, Löhrs U (1997b) Differential diagnosis of tumorous skeletal lesions in historic tissues. *Eres (Aqueologica/Bioanthropologia)* 7: 87-103
- Nicholl DST (1995) *Gentechnische Methoden*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford
- Novakowski MS (1965) Cemental Deposition as an Age Criterion in Bison and Relation of Incisor Wear Eye-Lens Weight and Dressed Bison Carcass Weight to Age. *Canadian Journal of Zoology* 43: 173-&
- O'Connell TC, Hedges REM (1999a) Investigations into the effect of diet on modern human hair isotopic values. *American Journal of Physical Anthropology* 108: 409-425
- O'Connell TC, Hedges REM (1999b) Isotopic comparison of hair and bone: Archaeological analyses. *Journal of Archaeological Science* 26: 661-665
- Oehmig S (2008) Die Sanierung der Wolfstein-Gruft in der Schlosskirche St. Michael, Sulzbürg. *Die Restaurierung der Wolfstein-Gruft*. Institut für Restaurierung Wasserburg, Wasserburg, pp 3-8
- Ohler N (1993) *Sterben und Tod im Mittelalter*. Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH, München
- Olivier G (1960) *Pratique anthropologique*. Vigot Frères, Paris
- Ortner DJ, Putschar WGJ (1985) *Identifikation of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. Smithsonian Institution Press, Washington



- Palkama A, Telkkä A, Virtama P (1962) Estimation of Stature from Radiographs of Long Bones in Children .2. Children under 1 Year of Age. *Annales Medicinæ Experimentalis Et Biologiae Fenniae* 40: 219-&
- Peterson BJ, Fry B (1987) Stable Isotopes in Ecosystem Studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 293-320
- Piper W (1974) *Innere Medizin*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Polet C, Katzenberg MA (2003) Reconstruction of the diet in a mediaeval monastic community from the coast of Belgium. *Journal of Archaeological Science* 30: 525-533
- Preston M (1976) *Mortality Patterns in National Populations*. Academic Press, New York
- Prowse TL, Schwarcz HP, Saunders SR, Macchiarelli R, Bondioli L (2005) Isotopic evidence for age-related variation in diet from Isola Sacra, Italy. *American Journal of Physical Anthropology* 128: 2-13
- Rafi A, Spigelman M, Stanford J, Lemma E, Donoghue H, Zias J (1994) Mycobacterium-Lepae DNA from Ancient Bone Detected by PCR. *Lancet* 343: 1360-1361
- Ransom AB (1966) Determining Age of White-Tailed Deer from Layers in Cementum of Molars. *Journal of Wildlife Management* 30: 197-&
- Rauber A, Kopsch A (1987) *Bewegungsapparat*. In: Tillmann B, Töndury G, Zilles K (eds) *Anatomie des Menschen. Lehrbuch und Atlas, vol 1*. Thieme- Verlag, Stuttgart, New York, pp 797
- Reinhard KJ (1988) Cultural-Ecology of Prehistoric Parasitism on the Colorado Plateau as Evidenced by Coprology. *American Journal of Physical Anthropology* 77: 355-366
- Richards MP, Mays S, Fuller BT (2002) Stable carbon and nitrogen isotope values of bone and teeth reflect weaning age at the Medieval Wharram Percy site, Yorkshire, UK. *American Journal of Physical Anthropology* 119: 205-210
- Roberts CA, Buikstra JE (2003) *The Bioarchaeology of Tuberculosis. A global View on a Reemerging Disease*. University Press of Florida, Gainesville
- Robinson JT (1952) Some hominid features of the ape-man dentition. *Journal of the Dental Association South Africa* 7: 102-113
- Rohen JW, Lütjen-Drecoll E (2000) *Funktionelle Histologie. Kurzgefasstes Lehrbuch der Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie des Menschen nach funktionellen Gesichtspunkten*. Schattauer Verlagsgesellschaft, Stuttgart, New York
- Rosenegger J (1989) *Der Petersberg bei Flintsbach., Flintsbach*
- Rösener W (1991) *Bauern im Mittelalter*. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München
- Rudolph W, Tschohl P (1977) *Systematische Anthropologie*. Wilhelm Fink Verlag, München
- Saalfeld D (1997) Wandlungen der bäuerlichen Konsumgewohnheiten vom Mittelalter zur Neuzeit. In: Bitsch I, Ehlert T, Ertzdorff von X (eds) *Essen und Trinken in Mittelalter und Neuzeit*. Albus im VMA-Verlag, Wiesbaden, pp 317
- Scheuer L, Black S (2000) *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press, San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo
- Schlegel HG (1992) *Allgemeine Mikrobiologie*. Thieme Verlag, Stuttgart, New York

- Schmitt F (in Vorbereitung) Muster der Landschaft. Faktoren der mittelalterlichen Prägung der Agrarlandschaft zwischen Donau und Alpen, Iller und Salzach. Doktorarbeit, LMU München
- Schmitt HP, Tamaska L (1970) Beiträge zur forensischen Osteologie. IV: Untersuchungen über die Verknöcherung der Schädelnähte unter besonderer Berücksichtigung der Frage der Alterbestimmung. *Z. f. Rechtsmed.* 67: 230-248
- Schoeninger MJ, Kohn MJ, Valley JW (2000) Tooth Oxygen Isotope Ratios as Paleoclimate Monitors in arid Ecosystems. In: Ambrose SH, Katzenberg MA (eds) *Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis*. Kluwer Academic, Plenum Publishers, New York, pp 117-140
- Schoeninger MJ, Moore KM, Murray ML, Kingston JD (1989) Detection of bone preservation in archaeological and fossil samples. *Applied Geochemistry First International Workshop on Fossil Bone 4*: 281-292
- Schubert E (1987) Der Wald: wirtschaftliche Grundage der spätmittelalterlichen Stadt. In: Herrmann B (ed) *Mensch und Umwelt im Mittelalter*. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, pp 257-274
- Schultz AH (1967) Notes on Diseases and Healed Fractures of Wild Apes. In: Brothwell DR, Sandison AT (eds) *Diseases in Antiquity*. Charles C. Thomas, Springfield, pp 47-55
- Schultz M (1988) Paläopathologische Diagnostik. In: Knußmann R (ed) *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, vol 1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, pp 480-496
- Schultz M (1989) Ergebnisse osteologischer Untersuchungen an mittelalterlichen Kinderskeletten unter besonderer Berücksichtigung anatolischer Populationen. *Anthropologischer Anzeiger* 47: 39-50
- Schultz M, Parzinger H, Posdnjakov DV, Chikisheva TA, Schmidt-Schultz TH (2007) Oldest known case of metastasizing prostate carcinoma diagnosed in the skeleton of a 2,700-year-old Scythian King from Arzhan (Siberia, Russia). *International Journal of Cancer* 121: 2591-2595
- Schumacher G-H, Schmidt H, Börnig H, Richter W (1990) *Anatomie und Biochemie der Zähne*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- Schutkowski H (1990) Zur Geschlechtsdiagnose von Kinderskeletten. Morphognostische, metrische und diskriminanzanalytische Untersuchungen, Georg-August-Universität
- Schutkowski H, Grupe G (1997) Zusammenhänge zwischen Cribra orbitalia, archäometrischen Befunden am Skelett und Habitatbedingungen. *Anthropologischer Anzeiger* 55: 155-166
- Schwarcz HP (1991) Some theoretical aspects of isotope paleodiet studies. *Journal of Archaeological Science* 18: 261-275
- Sealy JC (2001) Body tissue chemistry and palaeodiet. In: Brothwell DR, Pollard AM (eds) *Handbook of Archaeological Sciences*. John Wiley & Sons, Chichester, pp 269-279

- Sillen A (1989) Diagenesis of the inorganic phase of cortical bone. In: Price TD (ed) *The Chemistry of Prehistoric Human Bone*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 211-229
- Sjovold T (1988) Geschlechtsdiagnose am Skelett. In: Knußmann R (ed) *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, vol 1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, pp 444
- Slaus M (2000) Biocultural analysis of sex differences in mortality profiles and stress levels in the late medieval population from Nova Raca, Croatia. *American Journal of Physical Anthropology* 111: 193-209
- Spigelman M, Donoghue HD (1999) *Mycobacterium tuberculosis* DNA in archaeological specimens. In: Palfi G, Dutour O, Deak J, Hutás I (eds) *Tuberculosis: Past and present*. Golden Book Publishers, Budapest, Szeged, pp 353-360
- Spigelman M, Lemma E (1993) The Use of Polymerase Chain Reaktion (PCR) to Detect *Mycobacterium tuberculosis* in Ancient Skeletons. *International Journal of Osteoarchaeology* 3: 137-143
- Spiong S (2007) Küche, Kochen und Ernährung im archäologischen Befund. In: Klein U, Jansen M, Untermann M (eds) *Küche-Kochen-Ernährung*, vol 19. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit*, Paderborn, pp 25-34
- Steinhour WD, Stokes MR, Clark JH, Rogers JA, Davis CL, Nelson DR (1982) Estimation of the Proportion of Non-Ammonia-Nitrogen Reaching the Lower Gut of the Ruminant Derived from Bacterial and Protozoal Nitrogen. *British Journal of Nutrition* 48: 417-431
- Stloukal M, Hanakova H (1978) Die Länge der Längsknochen altslawischer Bevölkerungen - Unter besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfugen. *Homo* 29: 53-67
- Stone AC, Milner GR, Paabo S, Stoneking M (1996) Sex determination of ancient human skeletons using DNA. *American Journal of Physical Anthropology* 99: 231-238
- Stott GG, Sis RF, Levy BM (1980) Cemental Annulation as an Age Criterion in the Common Marmoset (*Callithrix-Jacchus*). *Journal of Medical Primatology* 9: 274-285
- Stott GG, Sis RF, Levy BM (1982) Cemental Annulation as an Age Criterion in Forensic Dentistry. *Journal of Dental Research* 61: 814-817
- Strott N (2006) Paläodemographie frühmittelalterlicher Bevölkerungen Altbaierns - Diachrone und allopatrische Trends. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität
- Struck U, Altenbach AV, Gaulke M, Glaw F (2002) Tracing the diet of the monitor lizard *Varanus mabitang* by stable isotope analyses ( $\delta N-15$ ,  $\delta C-13$ ). *Naturwissenschaften* 89: 470-473
- Stryer L (1988) *Biochemistry*. W. H. Freeman and Company, New York
- Stuartmacadam P (1989) Porotic Hyperostosis - Relationship between Orbital and Vault Lesions. *American Journal of Physical Anthropology* 80: 187-193
- Sundick RI (1978) Human skeletal growth and age determination. *Homo* 29: 228-245

- Szilvassy J (1980) Age-Determination on the Sternal Articular Faces of the Clavicula. *Journal of Human Evolution* 9: 609-610
- Szilvássy J (1988) Altersdiagnose am Skelett. In: Knußmann R (ed) *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen, Band I: Allgemeine Anthropologie*, vol 1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, pp S. 421-435
- Taylor GM, Rutland P, Molleson T (1997) A Sensitive Polymerase Chain Reaction Method for the Detection of *Plasmodium* Species DNA in Ancient Human Remains. *Ancient Biomolecules* 1: 193-203
- Taylor GM, Young DB, Mays SA (2005) Genotypic analysis of the earliest known prehistoric case of tuberculosis in Britain. *Journal of Clinical Microbiology* 43: 2236-2240
- Telkkä A, Palkama A, Virtama P (1962) Estimation of Stature from Radiographs of Long Bones in Children .1. Children Aged from 1 to 9. *Annales Medicinæ Experimentalis Et Biologiae Fenniae* 40: 91-&
- Thierry D, Brissonnoel A, Vincentlevyfrebault V, Nguyen S, Guesdon JL, Gicquel B (1990) Characterization of a Mycobacterium-Tuberculosis Insertion-Sequence, IS6110, and Its Application in Diagnosis. *Journal of Clinical Microbiology* 28: 2668-2673
- Tieszen LL, Fagre T (1993) Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO<sub>2</sub>, bone collagen, bioapatite and soft tissues. In: Lambert JB, Grupe G (eds) *Prehistoric Human Bone - Archaeology at the Molecular Level*. Springer-Verlag, Berlin, pp 121-155
- Trelliso Carreno L (1996) Ernährungsbedingte Krankheiten. In: Czarnetzki A (ed) *Stumme Zeugen ihrer Leiden. Paläopathologische Befunde*. Attempto Verlag, Tübingen, pp 91-109
- Tuross N, Fogel ML, Hare PE (1988) Variability in the Preservation of the Isotopic Composition of Collagen from Fossil Bone. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 52: 929-935
- Ubelaker DH (1978) *Human Skeletal Remains. Excavation, Analysis, Interpretation*. Taraxacum, Washington
- Ulrich-Bochsler S (1990) Von Traufkindern, unschuldigen Kindern, Schwangeren und Wöchnerinnen. Anthropologische Befunde zu Ausgrabungen im Kanton Bern. In: Schibler J, Sedlmeier, J., Spycher, H. (ed) *Festschrift für Hans R. Stampfli: Beiträge zur Archäozoologie, Archäologie, Anthropologie, Geologie und Paläontologie*. Helbing und Lichtenhahn Verlag AG, Basel, pp 309-318
- Ulrich-Bochsler S (1997) Jenseitsvorstellungen im Mittelalter: die Wiederbelebung von totgeborenen Kindern. Archäologische und anthropologische Untersuchungen im Marienwallfahrtszentrum von Oberbüren im Kanton Bern/Schweiz. In: de Boe G, Verhaeghe F (eds) *Death and Burial in Medieval Europe. Papers of the Medieval Europe Brugge 1997 Conference*, vol 2. I. A. P. Rapporten, Zellik
- Vallois HV (1937) La durée de la vie chez l'homme fossile. *L'Anthrop* 47: 499-532

- van der Merwe NJ, Medina E (1991) The canopy effect, carbon isotope ratios and foodwebs in amazonia. *Journal of Archaeological Science* 18: 249-259
- van Dülmen R (1999a) Kultur und Alltag in der Frühen Neuzeit. Band 2. C. H. Beck, München
- van Dülmen R (1999b) Kultur und Alltag in der Frühen Neuzeit. Band 3. C. H. Beck, München
- van Klinken GJ, Richards MB, Hedges REM (2000) An Overview of Causes for Stable isotopic Variations in past European Human Populations: Environmental, Ecophysiological, and Cultural Effects. In: Ambrose SH, Katzenberg MA (eds) *Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis*. Kluwer Academic, Plenum Publishers, New York, pp 39-63
- Vasold M (1999) Pest, Not und schwere Plagen. Seuchen und Epidemien vom Mittelalter bis heute. Weltbild Verlag, Augsburg
- Virtama P, Kiviluoto R, Telkkä A, Palkama A (1962) Estimation of Stature from Radiographs of Long Bones in Children .3. Children Aged from 10 to 15. *Annales Medicinæ Experimentalis Et Biologiae Fenniae* 40: 283-&
- Welcker H (1888) Cribra orbitalia, ein ethnologisch-diagnostisches Merkmal mehrerer Menschenrassen. *Arch. Anthropol.* 17: 1-18
- White CD, Spence MW, Stuart-Williams HLQ, Schwarcz HP (1998) Oxygen Isotopes and the Identification of Geographical Origins: The Valley of Oaxaca versus the Valley of Mexico. *J. Archaeol. Sci.* 25: 643-655
- Wiechmann I, Grupe G (2005) Detection of *Yersinia pestis* DNA in two early medieval skeletal finds from Aschheim (Upper Bavaria, 6th century AD). *American Journal of Physical Anthropology* 126: 48-55
- Wilderotter H (1995) Pest. In: Wilderotter H, Dörmann M (eds) *Das große Sterben. Seuchen machen Geschichte*. Jovis, Berlin, pp 351
- Williams JS, Katzenberg MA (2006) Investigating dietary change using the hair of ancient Inca mummies from Puruchuco-Huaquerones, Peru. *American Journal of Physical Anthropology*: 188-188
- Winkle S (1997) *Kulturgeschichte der Seuchen*. Komet Verlagsgesellschaft, Frechen
- Wittwer-Backofen U (1987) Siedlung und Friedhof - Eine methodische Studie zur Aussagekraft demographischer und paläodemographischer Parameter bei kleinen Populationen. Dissertation, Johannes Gutenberg Universität
- Wittwer-Backofen U, Gampe J, Vaupel JW (2004) Tooth cementum annulation for age estimation: Results from a large known-age validation study. *American Journal of Physical Anthropology* 123: 119-129
- Wolfram G (1999) Ernährung. In: Medizin TI (ed) *TIM*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, pp 1958-2025
- Wurm H (1982) Über die Schwankungen der durchschnittlichen Körperhöhe im Verlauf der deutschen Geschichte und die Einflüsse des Eiweißgehaltes der Kost. *Homo* 33: S. 21-36

- Wurm H (1987) Körpergröße und Ernährung der Deutschen im Mittelalter. In: Herrmann B (ed) Mensch und Umwelt im Mittelalter. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, pp 101-107
- Zink A (1999) Kindersterblichkeit im frühen Mittelalter- Morphologische und paläopathologische Ergebnisse an der Skeletserie von Altenerding, Ldkr. Erding, Bayern. In: Schultz M (ed) Beiträge zur Paläopathologie, vol 4. Cuvillier Verlag, Göttingen
- Zink A (2003) Paläopathologie von Krankheiten im alten Ägypten unter besonderer Berücksichtigung molekularer Untersuchungen zur Tuberkulose. Habilitation, Ludwig-Maximilians-Universität
- Zink A, Haas CJ, Reischl U, Szeimies U, Nerlich AG (2001) Molecular analysis of skeletal tuberculosis in an ancient Egyptian population. *Journal of Medical Microbiology* 50: 355-366
- Zink A, Rohrbach H, Szeimies U, Hagedorn HG, Haas CJ, Weyss C, Bachmeier B, Nerlich AG (1999) Malignant tumors in an ancient Egyptian population. *Anticancer Research* 19: 4273-4277
- Zink AR, Grabner W, Nerlich AG (2005) Molecular identification of human tuberculosis in recent and historic bone tissue samples: The role of molecular techniques for the study of historic tuberculosis. *American Journal of Physical Anthropology* 126: 32-47
- Zink AR, Molnar E, Motamedi N, Palfy G, Marcsik A, Nerlich AG (2007) Molecular history of tuberculosis from ancient mummies and skeletons. *International Journal of Osteoarchaeology* 17: 380-391
- Zink AR, Sola C, Reischl U, Grabner W, Rastogi N, Wolf H, Nerlich AG (2004) Molecular identification and characterization of Mycobacterium tuberculosis complex in ancient Egyptian mummies. *International Journal of Osteoarchaeology* 14: 404-413

## 10. Anhang

Tabelle 48: Alle Schädel erwachsener Individuen

Befund -Nr.	Schnitt	Befund -Art	Geschlecht	Alters-klasse	Trauma	Cibra orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)	Sutura metopica
68	3	unvollst.	männl.	25-30				
70	3	unvollst.	männl.	40-45		2	Ossa parietale, Os occipetale	
71	3	unvollst.	männl.	30-35				j
72	3	unvollst.	männl.	35-40			gesamtes Schädeldach	
83	7	vollst.	weibl.	35-40				
322	15	unvollst.	weibl.	45-50				
326	15	vollst.	männl.	50-55				
327	15	unvollst.	männl.	55-60			gesamtes Schädeldach	
335	15	vollst.	weibl.	20-25		1-2		
336	15	unvollst.	weibl.	55-60				
365	15	vollst.	männl.	25-30				j
444	15a	unvollst.	männl.	50-55				
498	22	unvollst.	weibl.	35-40				j
499	22	vollst.	männl.	25-30			gesamtes Schädeldach	
500	22	unvollst.	eher weibl.	35-40	Trauma, verheilt, 2-3cm lang re. Os frontalis (über re. Orbita)			
502	22	unvollst.	männl.	35-40			gesamtes Schädeldach	
526	22	unvollst.	männl.	20-25			Ossa parietale, Os frontale	
527	22	vollst.	männl.	30-35				
528	22	unvollst.	männl.	30-35				
539	22	unvollst.	männl.	35-40				
542	22	vollst.	wahrsch. weibl.	40-45				
543	22	unvollst.	männl.	60-70		3		
566	22	vollst.	weibl.	40-60				
567	22	unvollst.	weibl.	25-30			Ossa parietale gesamtes Schädeldach (um Sutura sagittalis)	
596	26	unvollst.	männl.	45-50				
631	21	unvollst.	männl.	50-70			Ossa parietale, Os frontale (nahe Naht)	
632	21	unvollst.	männl.	60-80				
635	26	unvollst.	wahrsch. männl.	25-30		2-3		
638	26	unvollst.	weibl.	35-40				

Befund -Nr.	Schnitt	Befund -Art	Geschlecht	Alters-klasse	Trauma	Cribra orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)	Sutura metopica
642	26	unvollst.	weibl.	60-65				j
643	26	unvollst.	weibl.	35-40			Ossa parietale, Os frontale (v.a. um Foramina)	
644	26	unvollst.	weibl.	30-35				
659	22	unvollst.	weibl.	50-70			Ossa parietale, Os occipetale	
660	22	unvollst.	männl.	25-30	Trauma, Os occipetale und Ossa parietalia, 10cm li. Hinten Os occ. Nach mitte Os par. Re., 3cm re. Os occ. Schräg, 5cm li. Os par., 4cm mitte Os occ., scharfe Gewalt, Todesursache		gesamtes Schädeldach	
662	22	unvollst.	männl.	40-60			Os frontale, Ossa parietale	
665	25	unvollst.	weibl.	25-30				
666	25	unvollst.	männl.	60-65				j
668	25	unvollst.	weibl.	20-40				
669	25	unvollst.	männl.	45-50				
685	21	unvollst.	weibl.	45-50				j
702	26	vollst.	wahrsch. weibl.	40-45				
710	22	unvollst.	männl.	45-50	stumpfe Gewalteinwirkung auf mitte re. Os parietale (Durchmesser 2cm mit Eindellung), Todesursache		Ossa parietale, Os occipetale	
737	22/25	unvollst.	weibl.	40-45				
739	22/25	unvollst.	männl.	25-30		2		
744	26	unvollst.	männl.	60-65				
772	30/31	unvollst.	wahrsch. weibl.	20-40				j
773	32	unvollst.	wahrsch. männl.	30-35				
774	32	unvollst.	weibl.	40-45			Ossa parietale, Os frontale (in Nahtnähe)	



# Anhang

Befund -Nr.	Schnitt	Befund -Art	Geschlecht	Alters-klasse	Trauma	Cribra orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)	Sutura metopica
775	32	unvollst.	männl.	35-40	verheiltes Trauma auf re. Os parietale (kreisrund 1,7cm Durchmesser), stumpfe Gewalt		gesamtes Schädeldach	j
777	32	unvollst.	männl.	40-60	verheiltes Trauma am li. Os parietale (1,9cm lang und 0,4cm breit), scharfe Gewalt		Ossa parietale, Os frontale	
820	36	unvollst.	männl.	65-70				
831	36	unvollst.	männl.	25-30			Ossa parietale, Os frontale	
833	36	vollst.	männl.	30-35	scharfe Gewalt (Schwerthieb) auf Ossa parietalia, nicht verheilt, Kalottenstück herausgelöst (8x4cm), plus Eindrückung am Os occipetale durch stumpfe Gewalt (2,3cm x 3,4cm), Todesursache			
834	36	unvollst.	weibl.	35-40			gesamtes Schädeldach	
900	37	unvollst.	nd	45-50				
907	36	Verw.	weibl.	40-45			gesamtes Schädeldach	
936	37	vollst.	weibl.	50-70				
937	37	unvollst.	männl.	35-40			gesamtes Schädeldach	
938	37	unvollst.	weibl.	65-70				j
980	36	Verw.	nd	30-35				
981	36	Verw.	männl.	40-60				
1033	39	vollst.	männl.	35-40		3-4		
1050	39	unvollst.	männl.	45-50				
1058	39	unvollst.	männl.	30-35				
1077	39	vollst.	männl.	45-50				
1091	39	unvollst.	wahrsch. männl.	50-55				
1092	39	unvollst.	männl.	30-50				
1101	43	vollst.	männl.	21-24		3		
1037a	39	Verw.	männl.	40-60				
1037b	39	Verw.	männl.	50-55				

Befund -Nr.	Schnitt	Befund -Art	Geschlecht	Alters-klasse	Trauma	Cribrā orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)	Sutura metopica
1037c	39	Verw.	männl.	45-50				
1037d	39	Verw.	wahrsch. männl.	40-60				
328a	15/15a	Verw.	wahrsch. weibl.	55-60			gesamtes Schädeldach	
33c	3	Verw.	männl.	40-60	div. Schnittspuren: auf li. Os frontale ca. 3cm lang (verheilt), auf Ossa parietalia (re. hinten+ li. seitl.) unverheilt, Todesursache (wahrsch. Schwerthiebe)			
33d	3	Verw.	wahrsch. männl.	50-70				
33e	3	Verw.	männl.	50-70	li. Os parietale mitte-hinten Eindellung, Durchmesser 2,5cm (verheilt)		Ossa parietale	
33f	3	Verw.	männl.	40-60				
465a	22	Verw.	männl.	30-40		1-2	gesamtes Schädeldach	
465b	22	Verw.	männl.	45-50			Ossa parietale, Os occipetale	j
465c	22	Verw.	männl.	40-50			Ossa parietale (leicht)	
465d	22	Verw.	wahrsch. weibl.	30-50		1		
465e	22	Verw.	wahrsch. männl.	30-40	Trauma li. Seite Os frontale, 1,5cm breit und 2cm lang, nicht verheilt	1		
465f	22	Verw.	weibl.	40-50			gesamtes Schädeldach (mit Auflagerungen)	
465g	22	Verw.	eher männl.	30-40			Ossa parietale	
540b	22	Verw.	wahrsch. männl.	30-40				
540c	22	Verw.	männl.	40-50				
557a	22	unvollst.	männl.	40-60				j

Befund -Nr.	Schnitt	Befund -Art	Geschlecht	Alters-klasse	Trauma	Cibra orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)	Sutura metopica
558a	22	Verw.	männl.	30-50	re. Seite Os parietale (distal und dorsal), zwei verheilte Traumata (2,5cm lang und 0,2cm breit) und (3-4cm lang und 1,5cm breit)			
558b	22	Verw.	nd	20-30			Ossa parietale	
558c	22	Verw.	nd	20-40				
558d	22	Verw.	männl.	30-40			Os frontale, Ossa parietale	
558e	22	Verw.	männl.	30-50		3		
566a	22	Verw.	männl.	40-50				
566b	22	Verw.	männl.	40-50				
593a	26	Verw.	wahrsch. weibl.	30-35				
593b	26	Verw.	männl.	30-35				
593c	26	Verw.	männl.	nd				
593d	26	Verw.	männl.	55-60				
593e	26	Verw.	wahrsch. männl.	nd				
593f	26	Verw.	männl.	nd				j
593g	26	Verw.	nd	20-40				
593h	26	Verw.	nd	20-40		1		
593i	26	Verw.	nd	20-40				
593q	26	Verw.	weibl.	30-50		2		
634 = Q II b	21	Verw.	männl.	35-40				
640a	26	Verw.	männl.	55-60				
640b	26	Verw.	männl.	30-35	Trauma am li. Os parietale mit Durchbruch nach innen, Terrassenbruch 1,3cm lang und 0,8cm breit =Todesfolge	2		
640c	26	Verw.	männl.	nd	verheiltes Trauma am li. Os parietale, 1,6cm lang und 0,5cm breit			
640d	26	Verw.	wahrsch. weibl.	60-80				
640e	26	Verw.	weibl.	40-60				
640f	26	Verw.	wahrsch. männl.	nd			gesamtes Schädeldach	
640g	26	Verw.	männl.	35-40				

Befund -Nr.	Schnitt	Befund -Art	Geschlecht	Alters- klasse	Trauma	Cribra orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)	Sutura metopica
684a	22	Verw.	männl.	20-30	Traumata: mitte Os frontale 3,3cm nicht verheilt und re. Os parietale 4,5cm nahe Os occipetale, nicht verheilt und re. Os parietale 6,3cm nicht verheilt, Todesursache	0-1	Ossa parietale, Os occipetale	
684b	22	Verw.	männl.	30-40			gesamtes Schädeldach	
684c	22	Verw.	eher weibl.	30-40		0-1		
684d	22	Verw.	männl.	60-80				
684e	22	Verw.	männl.	60-80				
684f	22	Verw.	männl.	30-40		1		
684g	22	Verw.	männl.	30-50				
684h	22	Verw.	männl.	50-60				
684i	22	Verw.	männl.	40-60				
684j	22	Verw.	männl.	30-50			Os occipetale	
684k	22	Verw.	männl.	60-80				
684l	22	Verw.	männl.	60-80				
691 I	22/25	Verw.	männl.	30-50			Os occipetale	
691 II	22/25	Verw.	nd	nd	Os parietalefrag. mit Hiebverletzungen (scharfe Gewalt), Todesursache			
691 III	22/25	Verw.	weibl.	20-30				
691 IV	22/25	Verw.	wahrsch. männl.	30-40		2	Os occipetale	
754b	30/31/32	Verw.	männl.	55-60				
754c	30/31/32	Verw.	männl.	nd				
754d	30/31/32	Verw.	nd	nd				
792a	36	Verw.	wahrsch. männl.	30-40			Ossa parietale	j
792c	36	Verw.	männl.	45-60	Trauma re. Os frontale, verheilt (mit Kallusbildung), 5cm lang und 3cm breit, scharfe Gewalt		gesamtes Schädeldach	
792e	36	Verw.	männl.	20-35			Os frontale	
792f	36	Verw.	männl.	35-40			gesamtes Schädeldach	
792h	36	Verw.	männl.	60-80				
792k	36	Verw.	männl.	50-70				
792m	36	Verw.	männl.	60-80				

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-Art	Geschlecht	Altersklasse	Trauma	Cribr orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)	Sutura metopica
792n	36	Verw.	weibl.	60-80				
793a	36	Verw.	männl.	70-80			gesamtes Schädeldach	
793b	36	Verw.	wahrsch. männl.	30-40			gesamtes Schädeldach	
979a	36	Verw.	männl.	30-40			Os frontale	
979b	36	Verw.	männl.	65-70				
Q II a	21	Verw.	männl.	35-40				
QI 1	25	Verw.	männl.	50-60				
QI 2	25	Verw.	männl.	20-40				
QI 3	25	Verw.	männl.	30-40				j
QI 4	25	Verw.	wahrsch. männl.	40-50		3-4		
QI 5	25	Verw.	wahrsch. weibl.	20-30			gesamtes Schädeldach	
QI 6	25	Verw.	männl.	30-40	Trauma re. Os frontale, scharfe Gewalt (1,5cm lang), nicht verheilt			
QI 7	25	Verw.	männl.	60-80				
QI 8	25	Verw.	männl.	20-40				j

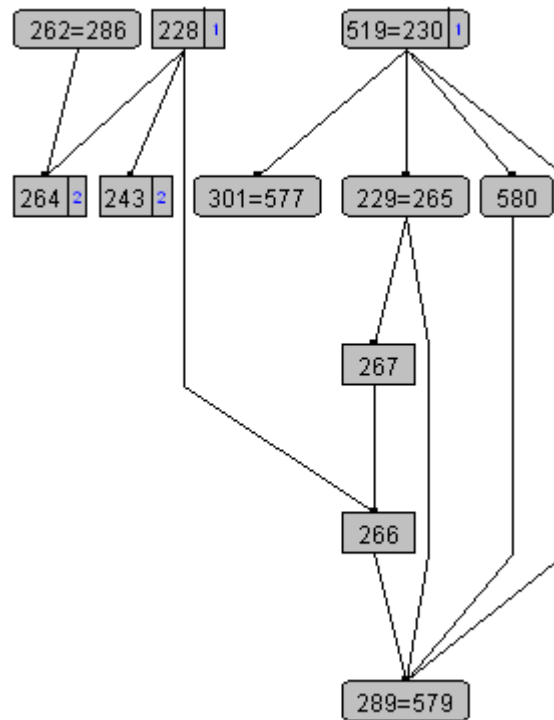
Tabelle 49: Alle kindlichen und juvenilen Individuen

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-Art	Geschlecht	Alter	Cribr orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)
47	3	unvollst.	eher weibl.	ca. 0,58a		gesamtes Schädeldach, re. Stärker
67	3	vollst.	weibl.	15-18a	3-4	
84	7	vollst.	weibl.	neonat-0,083a		
85	7	vollst.	weibl.	neonat-0,083a		
243	13	unvollst.	nd	0,1-0,5a	1	gesamtes Schädeldach (Auflagerung)
266	13	unvollst.	eher weibl.	17-22a		
316	15	vollst.	männl.	1,3-1,5a	2	
317	15	unvollst.	wahrsch. weibl.	neonat 0,083-0,17a	1	
318	15	unvollst.	wahrsch. männl.	neonat ca.0,083a	3	gesamtes Schädeldach (Auflagerung)
319	15	unvollst.	weibl.	1,3-1,5a		
320	15	unvollst.	wahrsch. männl.	0,1-0,2a	3	

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-Art	Geschlecht	Alter	Cribr orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)
321	15	unvollst.	männl.	neonat 0,083- 0,17a		gesamtes Schädeldach (Auflagerung)
323	15	unvollst.	männl.	0,3-0,5a		gesamtes Schädeldach (Auflagerung)
557	22	unvollst.	männl.	6-8a	2-3	
577	24	vollst.	männl.	16-18a		
594	26	unvollst.	wahrsch. männl.	2,5a		
595	26	unvollst.	nd	1,8a		gesamtes Schädeldach (Auflagerung)
636	26	vollst.	eher weibl.	8,5a		Os occipetale, Ossa parietale (Übergangsbereich)
639	26	vollst.	wahrsch. männl.	neonat ca.0,083a	1	Os temporale (Auflagerung)
641	26	unvollst.	nd	neonat < 0,083a		gesamtes Schädeldach (Auflagerung)
645	26	unvollst.	nd	0,125a		
646	26	unvollst.	nd	fetal 7,5 lunarm.		
647	26	vollst.	nd	fetal 7,5 lunarm.		
649	26	unvollst.	nd	0,25-0,5a		
679	21	unvollst.	männl.	neonat -0,16a		
689	26	unvollst.	nd	neonat 0,125- 0,25a		
695	26	unvollst.	nd	neonat 0,083- 0,16a		
699	22/25	unvollst.	nd	0,4-0,7a		Ossa temporale
700	26	vollst.	wahrsch. weibl.	neonat =< 0,083a	1	gesamtes Schädeldach (Auflagerung)
732	26	vollst.	wahrsch. weibl.	neonat ca. 0,16a	1	gesamtes Schädeldach (Auflagerung)
734	22/25	vollst.	wahrsch. weibl.	14-18a	3	Ossa parietale, Os occipetale
780	30/31/32	unvollst.	nd	12-14a		
818	36	unvollst.	nd	ca. 0,5a	1	
830	36	unvollst.	wahrsch. weibl.	6,5a		
963	37	unvollst.	wahrsch. männl.	ca. 0,25a		
997	39	unvollst.	wahrsch. männl.	neonat - 0,2a		gesamtes Schädeldach

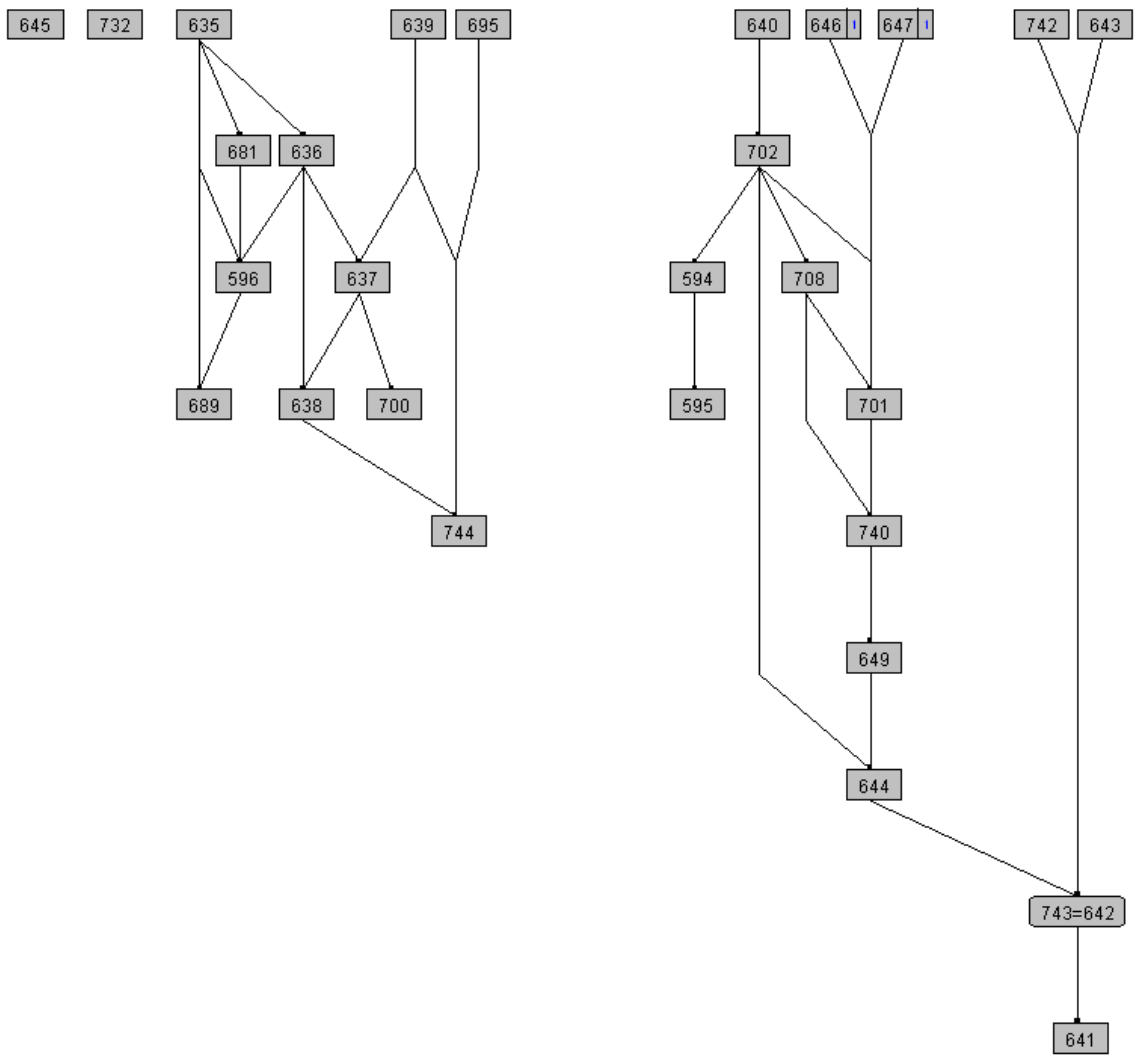
## Anhang

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-Art	Geschlecht	Alter	Cribrina orbitalia	porotische Hyperostosen (Tabula externa)
1062	39	unvollst.	wahrsch. männl.	2-3a	2	Os frontale (Auflagerung)
1037z	39	unvollst.	wahrsch. männl.	neonat - 0,2a	1	gesamtes Schädeldach
227d	13/24	Verw.	nd	9-11a		
227e	13/24	Verw.	nd	4-6a		
227f	13/24	Verw.	nd	1,8-3a		
227g	13/24	Verw.	nd	neonat-0,5a		
227h	13/24	Verw.	weibl.	neonat-0,25a		
227i	13/24	Verw.	nd	5-12a		
33g	3	Verw.	nd	neonat-0,16a		
388a	17	Verw.	nd	fetal 5-6 lunarm.		
404a	15/15a	Verw.	männl.	9-12a	3	
404c	15/15a	Verw.	wahrsch. männl.	neonat -0,25a		
497a	22	Verw.	wahrsch. männl.	2a		
497b	22	Verw.	nd	2a		
497c	22	Verw.	nd	0,5-1,5a		
497d	22	Verw.	nd	fetal-neonat		
497e	22	Verw.	nd	12-15a		
593j	26	Verw.	nd	9-11a		
593k = 640h	26	Verw.	nd	6-7a	2	
593l	26	Verw.	nd	1,5-3a		
593m	26	Verw.	nd	0,125a		
593n	26	Verw.	nd	0,125-0,25a		
593o	26	Verw.	nd	0,5a		
593p	26	Verw.	nd	1a		
715a	30/31/32	Verw.	wahrsch. männl.	5-6a		
754a	30/31/32	Verw.	männl.	neonat -0,16a		
792g	36	Verw.	nd	3-5a		
901a	37	Verw.	nd	neonat 8,5 lunarm.		
901b	37	Verw.	nd	0,1-0,5a		
936a	37	Verw.	nd	neonat 8,5-9 lunarm.	1	
975c	37	Verw.	männl.	14-21a		
Q III a	21	Verw.	weibl.	19-23a		
Q III b	21	Verw.	wahrsch. männl.	9a		
QI h	25	Verw.	nd	16-20a		



**Abbildung 130: Vorläufige Harris-Matrix des Westareals (Schnitt 13, 24). Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier.**





**Abbildung 131: Vorläufige Harris-Matrix des Westareals (Schnitt 26). Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier.**

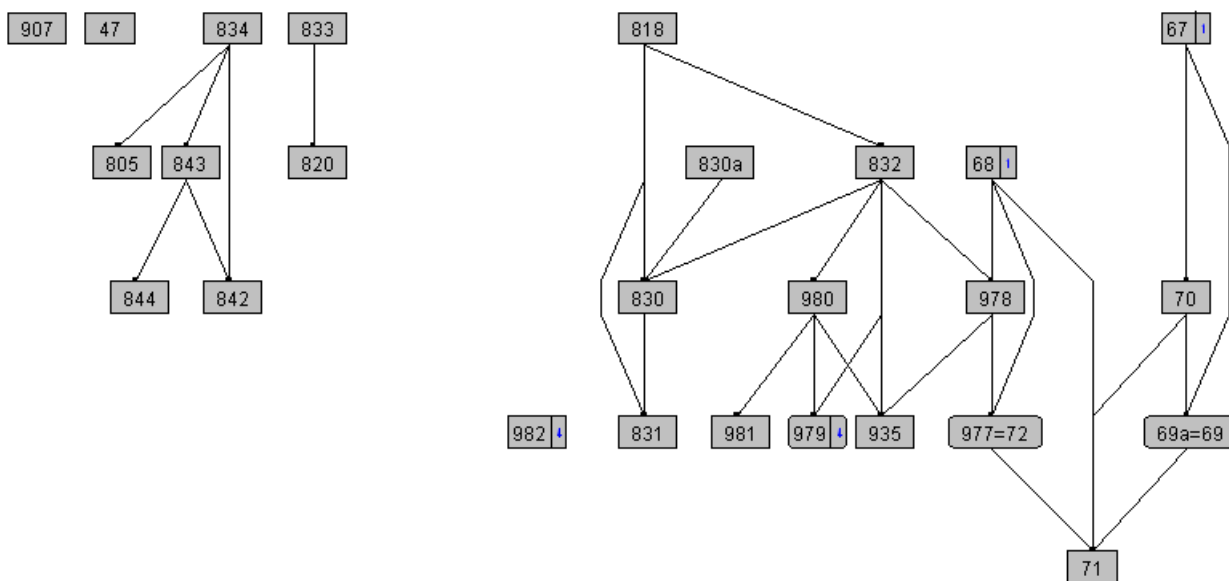


Abbildung 132: Vorläufige Harris-Matrix des Südostareals (Schnitt 3, 36). Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier.

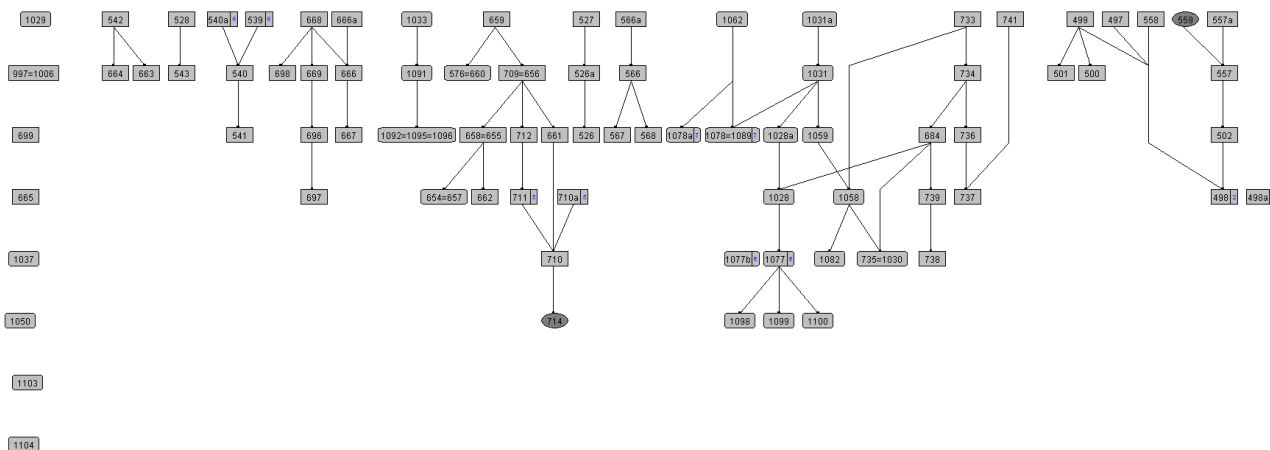


Abbildung 133: Vorläufige Harris-Matrix des Südost- und Nordostareals (Schnitt 22, 22/25, 39, 43). Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier.

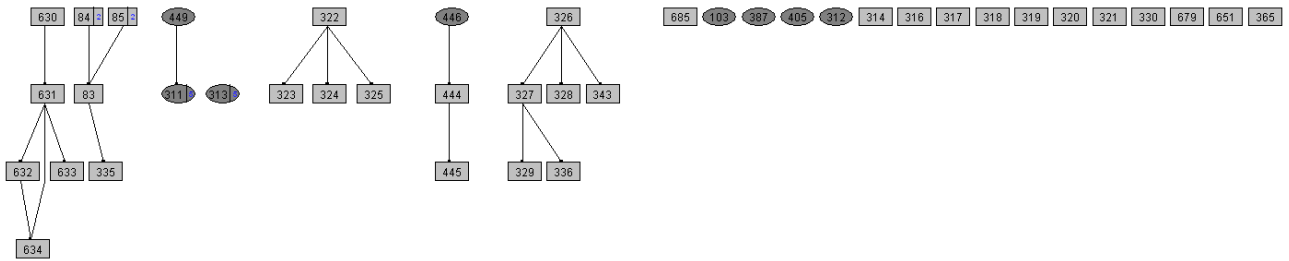


Abbildung 134: Vorläufige Harris-Matrix des Nordostareals (Schnitt 7, 15, 21). Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Thomas Meier.

Tabelle 50: Daten zur Körperhöhe und Indizes

Befund-Nr.	Schnitt	Geschlecht	Körperhöhe	Humerus	Humerus	Femur	Femur	Index	Index
				L-D-Index rechts	L-D-Index links	Rob.-Index rechts	Rob.-Index links	Fem.-platym rechts	Fem.-platym links
67	3	weibl.	160	18,5	18,6	11,5	11,3	77,4	83,4
68	3	männl.	164	22,1		13,5	13,7	76,5	83,8
69	3	männl.	169		22,6				
70	3	männl.	170		19,7				
71	3	männl.	178	18,5		11,5	12,2	107,1	91,2
72	3	männl.	179	18,4					
83	7	weibl.	159			10,7	10,5	67,9	74,1
228	13	wahrsch. männl.	164			11,8	12,8	81,3	73,5
229	13	wahrsch. männl.	167						
264	13	männl.	167						
289	13	männl.	166			14,1	13,9	109,1	88,9
322	15	weibl.	158			12,4	12,1	85,7	80,0
326	15	männl.	170	20,6	20,7	12,8	12,7	83,9	73,0
327	15	männl.	172			12,7	12,4	109,7	
335	15	weibl.	160	19,2	19,5	11,0	11,0	74,0	66,6
336	15	weibl.	158	22,3	23,1				78,1
365	15	männl.	174	22,3	21,8	12,9	13,1	78,4	80,5
444	15a	männl.	170	20,1		11,2	11,2	90,9	76,5
498	22	weibl.	161	17,5	17,5				
499	22	männl.	171	19,9	19,9	11,8	11,7	84,4	84,4
501	22	männl.	167	20,9					
502	22	männl.	168	19,8		11,6		86,7	
526	22	männl.	166	24,1	23,8				
527	22	männl.	168		22,4	14,1	13,9	86,5	91,4
528	22	männl.	170		19,1	12,5	12,9	82,4	84,4
539	22	männl.	173	19,2	18,6	12,7	12,6	73,5	73,5
540	22	männl.	172		20,1	11,8	12,1	93,9	90,6
541	22	wahrsch. männl.	175		19,4				
542	22	wahrsch. weibl.	161	18,9	18,9	12,6	13,0	107,1	93,1
543	22	männl.	173		19,6				
557a	22	männl.	170		19,7		12,4		83,9
566	22	weibl.	160				9,9	80,0	81,5

Befund-Nr.	Schnitt	Geschlecht	Körperhöhe	Humerus	Humerus	Femur	Femur	Index	Index
				L-D-Index rechts	L-D-Index links	Rob.-Index rechts	Rob.-Index links	Fem.-platym rechts	Fem.-platym links
568	22	weibl.	162				12,0		92,6
577	24	männl.	157						
596	26	männl.	170	19,8		12,8		77,1	
631	21	männl.	168			12,4	12,4	96,7	87,5
635	26	wahrsch. männl.	167		19,4		13,0		83,4
637	26	männl.	168		22,9	13,2	14,7	91,4	81,1
638	26	weibl.	162		18,6				
642	26	weibl.	156		20,5				
644	26	weibl.	164		17,8	11,5	11,2	90,0	77,4
656	22	männl.	175		19,1				
657	22	männl.	172			12,0		79,4	
658	22	männl.	175		18,3				
659	22	weibl.	155	17,8	17,9	11,7	12,0	75,0	87,5
660	22	männl.	171	21,2					
661	22	männl.	175			12,1		93,9	
662	22	männl.	170	21,5					
664	22	männl.	174	21,6		12,1		91,2	
665	25	weibl.	162	20,6	20,4				
666	25	männl.	168	22,2		12,7		87,5	
667	25	wahrsch. männl.	171						
668	25	weibl.	165		18,7	12,1	12,0	71,4	71,4
669	25	männl.	170	21,7					
681	26	männl.	172		20,2				
684	22/25	männl.	168			12,6		81,3	
696	25	wahrsch. männl.	170	20,2					
701	26	männl.	164			12,9	13,5	87,1	81,3
702	26	wahrsch. weibl.	160	20,1	20,3	12,0	12,6	74,2	74,2
709	22	wahrsch. männl.	167						
710	22	männl.	169	22,8	23,7	12,9	13,6	77,1	79,4
733	22/25	weibl.	156	19,9	20,6	11,5	11,8	73,3	72,4
734	22/25	wahrsch. weibl.	160	20,3	20,1	11,3	11,1	75,8	75,8
739	22/25	männl.	165	21,5	21,2				
740	26	männl.	174						
742	26	wahrsch. männl.	169	20,8					
744	26	männl.	177	19,7	19,2	13,2	13,9	91,9	89,2
773	32	wahrsch. männl.	169		20,8			73,5	77,4
774	32	weibl.	161	20,0					
775	32	männl.	170		21,9				73,0
776	32	weibl.	164		20,4				
777	32	männl.	174	20,6	19,7	12,6	12,7	94,3	83,4
820	36	männl.	174			11,8		97,2	
832	36	männl.	176				13,8		79,5
833	36	männl.	179	19,5	18,9	11,3	11,5	100,0	94,3
834	36	weibl.	163	18,8		11,9	12,2	68,6	69,4
854	32	männl.	166	21,3	21,7	12,0	11,8	82,4	77,1
931	30/31	männl.	178				12,2		
935	36	wahrsch. männl.	168						
936	37	weibl.	162			13,0	12,8	88,0	91,2

Befund-Nr.	Schnitt	Geschlecht	Körperhöhe	Humerus	Humerus	Femur	Femur	Index	Index
				L-D-Index rechts	L-D-Index links	Rob.-Index rechts	Rob.-Index links	Fem.-platym rechts	Fem.-platym links
937	37	männl.	170	21,2	20,1	12,7		80,3	
938	37	weibl.	168			11,5		97,1	
1030	39	weibl.	162				11,7		96,3
1033	39	männl.	168	21,8		13,2	13,2	104,1	103,4
1077	39	männl.	166		20,4	11,9	12,4	83,9	93,1
1082	39	männl.	174		22,1				
1091	39	wahrsch. männl.	165	20,5	20,6				
1095	39	wahrsch. männl.	157						
1101	43	männl.	167	19,9	19,2	10,9	11,5	87,1	90,0

Tabelle 51: Daten zum Zahnstatus

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-art	Skelett-element	Geschl.	Anzahl Zähne gesamt	Anzahl Zähne Maxilla	Anzahl Zähne Mandibula	Karies	Anzahl Zähne Karies	intra vitaler Verlust	Anzahl Zähne intra vitaler Verlust
67	3	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	31	16	15			36	1
68	3	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	32	16	16				
70	3	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	26	12	14			26	1
71	3	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	12	2	10			14, 24, 25, 48, 47, 34, 35, 37	8
72	3	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	30	15	15				
83	7	in situ	Mandibula	weiblich	11		11				
322	15	in situ	Mandibula	weiblich	6		6			36	1
326	15	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	30	14	16	37 II okklusal 38 I okklusal 25 Stumpen 46 Stumpen 47 I okklusal 35 IV mesial	2		
327	15	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	10	1	9	36 I distal 37 III okklusal und mesial 38 I okklusal	5	26, 27, 28	3
335	15	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	31	15	16				
336	15	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	9	7	2	44 Stumpen 17 IV distal 16 III distal 26 III okklusal	2	47, 46, 35, 36, 37	5
365	15	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	26	14	12	34 II distal 35 I mesial 37 I okklusal	4	46, 36	2
444	15a	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	22	6	16	35 VI okklusal	1		

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-art	Skelett-element	Geschl.	Anzahl Zähne gesamt	Anzahl Zähne Maxilla	Anzahl Zähne Mandibula	Karies	Anzahl Zähne Karies	intra vitaler Verlust	Anzahl Zähne intra vitaler Verlust
498	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	27	13	14	16 I mesial	9	25, 46, 38	3
								15 I distal			
								14 VI okklusal			
								13 II distal			
								24 III distal			
								27 II distal			
								48 IV mesial			
								47 V distal			
								36 V okklusal			
								13 Stumpen			
499	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	22	6	16	43 Stumpen	2		
								46 V okklusal und distal			
								36 VI okklusal			
500	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	eher weiblich	16	5	11				
501	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	27	14	13	16 VI okklusal	2	36	1
								15 III distal			
502	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	31	15	16	16 VI okklusal	5		
								28 II okklusal			
								48 I okklusal			
								38 I okklusal			
526	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	29	13	16				
527	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	11	8	3	21 Stumpen		16, 26, 36, 37, 38	5
								23 Stumpen			
								24 Stumpen			
528	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	30	15	15				
539	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	15	7	8	26 III distal	1	12, 48, 47, 46, 41, 36, 38	7
542	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	wahrsch. weiblich	18	7	11			18, 17, 16, 15, 25, 26, 27, 28, 47, 46, 36	11
557	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	24	12	12	16 II okklusal	4		
								26 III lingual			
								46 II okklusal			
								36 II okklusal			
558	22	Verwurf	Schädel/ Maxilla	männlich	1	1					
566	22	in situ	Mandibula	weiblich	1		1			48, 47, 46, 36, 37, 38	6

# Anhang

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-art	Skelett-element	Geschl.	Anzahl Zähne gesamt	Anzahl Zähne Maxilla	Anzahl Zähne Mandibula	Karies	Anzahl Zähne Karies	intra vitaler Verlust	Anzahl Zähne intra vitaler Verlust
567	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	32	16	16	17 I mesial	11		
								16 IV distal			
								26 IV distal			
								27 II mesial			
								48 I okklusal			
								47 I mesial			
								46 VI okklusal			
								45 I distal			
								35 I distal			
								36 IV mesial			
								38 I okklusal			
577	24	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	31	15	16	26 IV mesial	2		
								48 I okklusal			
580	24	Verwurf	Mandibula	männlich	11		11			46, 38	2
596	26	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	13	9	4	48 V mesial	1	27, 46, 34, 35, 36	5
631	21	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	1		1	34 Stumpfen		47, 46, 35	3
632	21	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	26	12	14				
635	26	in situ	Maxilla/ Mandibula	wahrsch. männlich	32	16	16	46 V mesial 45 IV distal	2		
636	26	in situ	Maxilla/ Mandibula	eher weiblich	24	12	12	okklusal und distal	2		
								d14 IV d44 III distal			
638	26	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	16	8	8			13, 27, 47, 46, 36	5
642	26	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	5		5			14, 12, 11, 24, 26, 47, 46, 45, 42, 41, 31, 32, 36, 37	14
643	26	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	19	9	10	18 IV mesial	1		
644	26	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	32	16	16	17 I okklusal	8		
								27 I okklusal			
								28 I mesial			
								48 I mesial			
								47 II okklusal			
								46 II distal			
37 II okklusal											
38 I mesial											
660	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	32	16	16				
665	25	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	32	16	16	36 III distal 38 I bukkal	2		
666	25	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	31	16	15	35 IV distal	1	36	1

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-art	Skelett-element	Geschl.	Anzahl Zähne gesamt	Anzahl Zähne Maxilla	Anzahl Zähne Mandibula	Karies	Anzahl Zähne Karies	intra vitaler Verlust	Anzahl Zähne intra vitaler Verlust
669	25	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	31	16	15	17 I okklusal 16 V mesial und distal 15 IV distal 25 III distal 26 V mesial und okklusal 37 I okklusal	6	48	1
685	21	in situ	Mandibula	weiblich	1		1	34 II distal	1	47, 46, 45, 44, 35, 36, 37	7
702	26	in situ	Maxilla/ Mandibula	wahrsch. weiblich	20	11	9			48, 47, 46, 36, 37	5
710	22	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	32	16	16	18 IV mesial 17 IV distal 17 I okklusal 16 VI okklusal 26 VI okklusal	2		
733	22/25	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	26	14	12	27 II okklusal 47 VI okklusal 37 IV okklusal und distal und bukkal	6	46, 36	2
734	22/25	in situ	Maxilla/ Mandibula	wahrsch. weiblich	26	12	14				
737	22/25	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	20	4	16	48 I okklusal 38 II okklusal	2		
739	22/25	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	30	14	16				
744	26	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	18	8	10	25 Stumpen		11, 22, 23, 24, 27, 41, 31, 32, 34	9
772	30/31	in situ	Mandibula	wahrsch. weiblich	11		11				
773	32	in situ	Maxilla/ Mandibula	wahrsch. männlich	16	14	2	17 III mesial 14 IV mesial 13 III distal 23 IV distal 24 V mesial	5	48, 37, 38	3
774	32	in situ	Mandibula	weiblich	6		6				
775	32	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	18	8	10	27 III distal 48 I okklusal 47 I okklusal 46 I okklusal 38 I bukkal	5	25, 26	2
777	32	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	26	10	16				
820	36	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	20	9	11				



# Anhang

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-art	Skelett-element	Geschl.	Anzahl Zähne gesamt	Anzahl Zähne Maxilla	Anzahl Zähne Mandibula	Karies	Anzahl Zähne Karies	intra vitaler Verlust	Anzahl Zähne intra vitaler Verlust
830	36	in situ	Maxilla/ Mandibula	wahrsch. weiblich	28	14	14	16 I lingual d15 V mesial 26 I lingual d45 IV okklusal d35 IV okklusal 36 I bukkal	6		
831	36	in situ	Maxilla/ Mandibula	wahrsch. männlich	32	16	16				
833	36	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	30	14	16	48 VI okklusal	1		
834	36	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	29	14	15	17 II okklusal 27 II okklusal	2		
841	32	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	7	5	2				
900	37	in situ	Maxilla/ Mandibula	nd	5		5			47, 41, 31, 32, (18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28)	4
907	36	Verwurf	Schädel/ Mandibula	weiblich	12		12				
936	37	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich						21, 25, 26, 27, 47, 41, 31, 33, 34, 35, 36, 37	12
937	37	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	12	4	8			17, 16, 47, 46, 36, 37	6
938	37	in situ	Maxilla/ Mandibula	weiblich	2		2	36 V distal und bukkal	1	14, 13, 12, 11, 21, 23, 24, 47, 46, 43, 42, 41, 31, 32	14
980	36	Verwurf	Schädel/ Maxilla/ Mandibula	nd	26	11	15	38 I okklusal	1		
1033	39	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	31	15	16				
1050	39	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	11	6	5	31 Stumpen 13 IV dist.	1	47, 46, 45, 35, 36, 37, 38	7
1058	39	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	14	7	7	17 II okklusal 47 II okklusal	2	45, 31, 32, 35, 36, 37	6
1077	39	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	29	16	13				
1091	39	in situ	Maxilla/ Mandibula	wahrsch. männlich	16	6	10	38 V bukkal	1	18, 26, 27, 28, 47, 46	6
1101	43	in situ	Maxilla/ Mandibula	männlich	31	15	16	47 I bukkal 46 I bukkal 36 I bukkal 37 I bukkal	4		
1037	39	Verwurf	Mandibula		9		9	42 Stumpen		45, 36	2

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-art	Skelett-element	Geschl.	Anzahl Zähne gesamt	Anzahl Zähne Maxilla	Anzahl Zähne Mandibula	Karies	Anzahl Zähne Karies	intra vitaler Verlust	Anzahl Zähne intra vitaler Verlust
(=955E)											
1037 (=995B)	39	Verwurf	Mandibula	männlich	16		16				
1037b	39	Verwurf	Schädel/ Mandibula	männlich	3		3				
1037c	39	Verwurf	Schädel/ Maxilla/ Mandibula	männlich	16	2	14				
227a	13/24	Verwurf	Mandibula	nd	8		8			46	1
227b	13/24	Verwurf	Mandibula	wahrsch. männlich	2		2			36	1
227c	13/24	Verwurf	Mandibula	nd	6		6				
328a	15/15a	Verwurf	Maxilla/ Mandibula	wahrsch. weiblich	11	5	6				
33a	3	Verwurf	Mandibula	männlich	7		7				
33b	3	Verwurf	Mandibula	männlich	2		2				
33h	3	Verwurf	Mandibula	männlich	1		1			47, 46	2
404a	15/15a	Verwurf	Schädel/ Maxilla/ Mandibula	männlich	28	14	14				
465 I	22	Verwurf	Mandibula	wahrsch. männlich	10		10				
465 I	22	Verwurf	Mandibula	wahrsch. männlich	10		10				
465 Ia	22	Verwurf	Maxilla	nd	12	12				17, 27	2
465 II	22	Verwurf	Mandibula	männlich	10		10	38 I okklusal	1		
465 II	22	Verwurf	Mandibula	männlich	10		10	38 okklusal	1		
465 III	22	Verwurf	Mandibula	wahrsch. weiblich	5		5	35 IV okklusal	1	36	1
465 III	22	Verwurf	Mandibula	wahrsch. weiblich	5		5	35 okklusal	1	36	1
465 IV	22	Verwurf	Mandibula	weiblich	15		15	45 Stumpen 47 I bukkal 46 III mesial 37 I bukkal 47 bukkal	3	48	1
465 IV	22	Verwurf	Mandibula	weiblich	15		15	46 mesial 37 bukkal	3	48	1
465 V	22	Verwurf	Mandibula	männlich	2		2	45 Stumpen 36 IV distal 37 III mesial	2		
465 V	22	Verwurf	Mandibula	männlich	2		2	36 distal 37 mesial	2		
465 VI	22	Verwurf	Maxilla Schädel/	nd	12	12		15 II distal		17, 27	2
465b	22	Verwurf	Maxilla/ Mandibula	männlich	26	13	13	27 I distal 47 II okklusal	3	16	1
465e	22	Verwurf	Schädel/ Mandibula	wahrsch. männlich	3		3	47 I mesial 46 I distal	2		
497 I	22	Verwurf	Mandibula	nd	5		5	34 Stumpen 35 Stumpen			
497 I	22	Verwurf	Mandibula	nd	5		5	34 Stumpen 35 Stumpen			
497 Ia	22	Verwurf	Maxilla	männlich	8	8				13	1
497 II	22	Verwurf	Mandibula	wahrsch. männlich	1		1			36	1
497 II	22	Verwurf	Mandibula	wahrsch. männlich	1		1			36	1
497	22	Verwurf	Maxilla	männlich	8	8				13	1

# Anhang

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-art	Skelett-element	Geschl.	Anzahl Zähne gesamt	Anzahl Zähne Maxilla	Anzahl Zähne Mandibula	Karies	Anzahl Zähne Karies	intra vitaler Verlust	Anzahl Zähne intra vitaler Verlust
III/IV											
540b	22	Verwurf	Schädel/ Maxilla	wahrsch. männlich	6	6					
540c I	22	Verwurf	Mandibula	männlich	11		11	48 II okklusal	1		
540c I	22	Verwurf	Mandibula	männlich	11		11	48 okklusal	1		
558a	22	Verwurf	Schädel/ Maxilla	männlich	1	1					
566a	22	Verwurf	Schädel/ Maxilla/ Mandibula	männlich	16	7	9	27 II okklusal 46 IV mesial 37 II okklusal	3	11, 26, 48	3
593 I	26	Verwurf	Mandibula	männlich	1		1	38 II okklusal	1		
593 Ia	26	Verwurf	Maxilla	nd						14	1
593 II	26	Verwurf	Mandibula	nd	2		2				
593 Iib	26	Verwurf	Maxilla	nd	3	3				27	1
593 III	26	Verwurf	Mandibula	wahrsch. männlich						46, 38	2
593 IV	26	Verwurf	Mandibula	männlich	6		6	48 II okklusal	1	46, 45	2
593a	26	Verwurf	Schädel/ Maxilla	wahrsch. weiblich	2	2		17 I okklusal	1		
593b	26	Verwurf	Schädel/ Maxilla/ Mandibula	männlich	20	9	11	47 V okklusal und distal 45 III okklusal	2	27, 46	2
593d	26	Verwurf	Schädel/ Maxilla	männlich	3	3				16, 15, 14, 24, 25, 26, 27, 28	8
640a	26	Verwurf	Schädel/ Maxilla	männlich	10	10				22	1
640b	26	Verwurf	Schädel/ Maxilla/ Mandibula	männlich	21	6	15	15 I okklusal	1		
640e	26	Verwurf	Schädel/ Maxilla	weiblich	1	1				12	1
640g	26	Verwurf	Schädel/ Mandibula	männlich	13		13			47	1
640i	26	Verwurf	Mandibula	weiblich	8		8	43 II distal	1	47, 46, 37, 36	4
684 I	22	Verwurf	Mandibula	männlich	11		11				
684 Ia	22	Verwurf	Maxilla	nd	2	2				18, 17, 16, 26, 27, 28	6
684 II	22	Verwurf	Mandibula	männlich	9		9				
684 Iib	22	Verwurf	Maxilla	nd	4	4					
684 III	22	Verwurf	Mandibula	männlich	8		8				
684 IIIc	22	Verwurf	Maxilla	nd	1	1					
684 IV	22	Verwurf	Mandibula	männlich	1		1			47, 46, 35, 36, 37, 38	6
684 Ivd	22	Verwurf	Maxilla	nd	1	1					
684 IX	22	Verwurf	Mandibula	männlich	1		1				
684 V	22	Verwurf	Mandibula	männlich	9		9	47 bukkal 37 bukkal	2		
684 Ve	22	Verwurf	Maxilla	nd	3	3		16 Stumpen			
684 VI	22	Verwurf	Mandibula	männlich	3		3			36, 48, 47, 46	4
684 Vif	22	Verwurf	Maxilla	nd	1	1				15, 14, 24, 25	4
684 VII	22	Verwurf	Mandibula	weiblich	2		2				
684 VIII	22	Verwurf	Mandibula	männlich	2		2			48, 47	2
684 X	22	Verwurf	Mandibula	weiblich	4		4				
684 XI	22	Verwurf	Mandibula	männlich	2		2	47 bukkal 46 bukkal	2		
684 XII	22	Verwurf	Mandibula	weiblich	2		2				
684 XIII	22	Verwurf	Mandibula	männlich	2		2				

Befund-Nr.	Schnitt	Befund-art	Skelett-element	Geschl.	Anzahl Zähne gesamt	Anzahl Zähne Maxilla	Anzahl Zähne Mandibula	Karies	Anzahl Zähne Karies	intra vitaler Verlust	Anzahl Zähne intra vitaler Verlust
684 XIV	22	Verwurf	Mandibula Schädel/	männlich	1		1			35, 36, 38	3
684a	22	Verwurf	Maxilla/ Mandibula	männlich	29	15	14				
684c	22	Verwurf	Schädel/ Maxilla	weiblich	7	7					
691a	22/25	Verwurf	Mandibula	nd	12		12				
691b	22/25	Verwurf	Mandibula	männlich	5		5				
691c	22/25	Verwurf	Mandibula	weiblich	2		2				
691d	22/25	Verwurf	Mandibula	männlich	1		1	34 Stumpen		35, 36	2
754b	30/31/32	Verwurf	Schädel/ Mandibula	männlich	5		5	36 II okklusal	1		
754e	30/31/32	Verwurf	Mandibula	männlich	7		7				
754f	30/31/32	Verwurf	Maxilla	nd	7	7				17	1
792d	36	Verwurf	Mandibula	wahrsch. männlich	10		10				
792f	36	Verwurf	Schädel/ Mandibula	männlich	15		15				
792o	36	Verwurf	Maxilla/ Mandibula	männlich	27	12	15				
792p	36	Verwurf	Mandibula	männlich	15		15				
792q	36	Verwurf	Mandibula	männlich	11		11	37 III okklusal	1	46, 36	2
793b	36	Verwurf	Schädel/ Maxilla	wahrsch. männlich	9	9		15 III mesial 14, 24, 25 Stumpen	1	26, 27	2
979a	36	Verwurf	Schädel/ Maxilla	männlich	12	12		27 Stumpen		28	1
979b	36	Verwurf	Schädel/ Maxilla	männlich	3	3				16, 26	2
Q II 1	21	Verwurf	Mandibula	männlich	6		6			47, 46	2
Q II 2	21	Verwurf	Mandibula	männlich	11		11				
Q II a	21	Verwurf	Schädel/ Maxilla	männlich	10	10				16, 26	2
Q II b	21	Verwurf	Schädel/ Maxilla	männlich	11	11		27 I okklusal	1	24	1
Q I 2	25	Verwurf	Schädel/ Maxilla	männlich	10	10					
Q I 4	25	Verwurf	Schädel/ Maxilla	wahrsch. männlich	9	9					
Q I a	25	Verwurf	Mandibula	männlich	9		9			36	1
Q I b	25	Verwurf	Mandibula	männlich	15		15				
Q I c	25	Verwurf	Mandibula	männlich	5		5				
Q I d	25	Verwurf	Mandibula	wahrsch. männlich	3		3			38	1
Q I e	25	Verwurf	Mandibula	männlich	11		11				
Q I f	25	Verwurf	Mandibula	männlich	10		10				
Q I g	25	Verwurf	Mandibula	wahrsch. männlich	6		6	48 I okklusal und bukkal 46 I okklusal und bukkal	2	47, 37, 38	3
Q I h	25	Verwurf	Mandibula	nd	7		7				
Q I i	25	Verwurf	Mandibula	eher weiblich	5		5				

## 11. Danksagung

Allen, die in irgendeiner Weise zu der Erstellung dieser Dissertation beigetragen haben, möchte ich herzlich danken. Namentlich bedanken möchte ich mich bei:

Herrn **Prof. Dr. Andreas Nerlich** für die großartige Unterstützung und die Betreuung. Danke für das starke Vertrauen in mich und die zu leistende Aufbauarbeit!

Meinen **weiteren Gutachtern** für die investierte Zeit und Mühen.

Herrn **Dr. Thomas Meier** für die Bereitstellung des Materials und den Mitarbeitern des VW-Projekts: Frau **Susanne Bischler M.A.**, Frau **Sabine Früchtl M.A.**, Herrn **Dr. Michael Peters**, Herrn **Dipl. Ing. Felix Schmitt M.A.** und Frau **Dr. Nadja Strott**. An dieser Stelle sei auch Herrn **Prof. Dr. H. Hof** von der VW-Stiftung gedankt.

Herrn **Dr. Ulrich Struck** für die Isotopenmessung der Proben und die großzügige fachliche Unterstützung. Danke auch für den lehrreichen HiWi-Job!

Frau **Sandy Reh**, Herrn **Dr. Peter Schröter**, Frau **Dr. Anja Staskiewicz** und Herrn **Dr. habil. Albert Zink** für die Hilfe am Skelettmaterial.

Herrn **Prof. Dr. W. Eisenmenger**, **Prof. Dr. Matthias Graw**, **Dr. Christine Lehn** und **Dr. Oliver Peschel** vom Institut für Rechtsmedizin, München.

Frau **Prof. Dr. Gisela Grupe** für die Unterstützung und die Arbeitsmöglichkeiten.

Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe Anthropologie, vor allem Frau **Dipl. Biol. Angela Hiltz** für die Hilfe im Labor und Frau **Dipl. Biol. Martina Kaserer** für das Zählen der Zahnzementringe im Rahmen ihrer Diplomarbeit.

**Susanne Bischler**, **Julia Döbbelin**, **Michaela Harbeck**, **Nina Holzner**, **Stephan Hutter** und **Klaus Meyer**, die immer ein offenes Ohr für meine fachlichen und persönlichen Anliegen hatten und mir stets eine große Stütze waren.

Meiner lieben Familie, die mich meinen Weg gehen ließ.

Meinem Freund **Korbinian Seitz** für seinen Einsatz beim Lektorieren dieser Arbeit; er war mir immer ein nachsichtiger und treuer Gefährte.

## 12. Publikationen

### Beiträge in Fachzeitschriften:

**Sandra Lösch, Gisela Grupe, Joris Peters (2006):**

Stable isotopes and dietary adaptations in humans and animals at Pre-Pottery Neolithic Nevali Cori, southeast Anatolia. In: American Journal of Physical Anthropology 131(2): 181-193

**Andreas G. Nerlich, Sandra Lösch (2008, in Vorbereitung):**

Paleopathology of Human Tuberculosis and the Potential Role in Climate. In: Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases. Special Issue: Climate Change and Infectious Disease

### Buchbeiträge:

**Tanja Asam, Cornelia Bösl, Gisela Grupe, Sandra Lösch, Henriette Manhart, Anna-Maria Mekota, Joris Peters (2005):**

Palaeoecosystem reconstruction and the Neolithic Transition in temperate climates. Rekonstruktion des Paläoökosystems und am Übergang des Neolithikums in gemäßigten Klimazonen. In: Gisela Grupe, Joris Peters; Documenta Archaeobiologiae 2, Conservation policy and current research. Grundsätze der Bewahrung und aktuelle Forschung, Verlag Marie Leidorf, Rahden: 97-137

**Sandra Lösch, Albert Zink, Stephanie Panzer, Estelle Hower-Tilmann, Andreas Nerlich (2007):**

Eine Nubierin in Ägypten? Anthropologisch-paläopathologische Untersuchungen an den menschlichen Überresten der Geheset. In: Daniel Polz, Für die Ewigkeit geschaffen. Die Särge des Imeni und der Geheset. Verlag Philipp von Zabern, Mainz: 100-107

**Andreas G. Nerlich, Helmut Rohrbach, Sandra Lösch (2008, in Vorbereitung):**

Paleohistology – Histomorphology in Mummy Research. In: Frank Rühli, Evidence-based ancient mummy research.

**Nicole Alexanian, Sandra Lösch, Andreas Nerlich, Stephan Johannes Seidlmayer (2008, in Vorbereitung):**

The Necropolis of Dahshur. Fifth Excavation Report Spring 2008. German Archaeological Institute and Free University of Berlin In: ASAE. Annales du service de antiquites de l’Egypte, American University in Cairo Press, Kairo

**Veröffentlichungen in Kongressbänden:**

**Andreas Nerlich, Sandra Lösch, Stefanie Panzer, Albert Zink (2008, im Druck):**

Paleopathological and radiological evidence for cerebral paralysis in an ancient Egyptian female mummy from a 13th dynasty tomb. 6. World Congress on Mummy Studies, 20-24th of February 2007, Teguiise, Lanzarote, Spain

**Vorträge:**

**Sandra Lösch, Gisela Grupe (2003):**

Nahrungsnetze im frühneolithischen Nevali Cori – Rekonstruktion mittels stabiler C-, N- und O-Isotope in archäologischen Skelettfunden. 5. Kongress der Gesellschaft für Anthropologie e.V., 17.-20. September 2003, Potsdam

**Albert Zink, Sandra Lösch, Andreas Nerlich (2007):**

The Role of Paleomicrobiological Analysis in Mummy Research. 6. World Congress on Mummy Studies, 20-24th of February 2007, Teguiise, Lanzarote, Spain

**Andreas Nerlich, Sandra Lösch, Stephanie Panzer, Albert Zink (2007):**

Paleopathological and radiological evidence for cerebral paralysis in an ancient Egyptian female mummy from a 13th dynasty tomb. 6. World Congress on Mummy Studies, 20-24th of February 2007, Teguiise, Lanzarote, Spain

**Andreas Nerlich, Sandra Lösch, Beatrice Bachmeier, Stephanie Panzer, Albert Zink (2007):**

Paleopathology in mummy research – a methodical approach. 6. World Congress on Mummy Studies, 20-24th of February 2007, Teguiise, Lanzarote, Spain

**Sandra Lösch, Ulrich Struck, Andreas Nerlich (2007):**

Anthropologische Daten und Messung von stabilen Isotopen. Workshop: Die „Moorleiche aus dem Dachauer Moos“ – Abschied von einer alten Bekannten, 10. November 2007, München

**Albert Zink, Sandra Lösch, Andreas Nerlich (2008):**

Paleoepidemiological analysis of human remains from ancient Egypt. 6. World Archaeological Congress, 29th of June – 4th of July 2008, Dublin, Ireland

**Sandra Lösch, Ulrich Struck, Brigitte Haas-Gebhard, Stephanie Panzer, Christine Lehn, Peter Horn, Oliver Peschel, Andreas Nerlich (2008):**

The presumed Bog Body - Identification and Paleopathological Investigation of an Unusual South-American Female Mummy. 17th European Meeting of the Paleopathology Association, 25-27th of August 2008, Copenhagen, Denmark

**Andreas Nerlich, Roman Sokiranski, Sandra Lösch, Wolfgang Pirsig (2008):**

Severe Subluxation Fracture of the Epistropheus as a Cause of Immediate Death. 17th European Meeting of the Paleopathology Association, 25-27th of August 2008, Copenhagen, Denmark

**Andreas Nerlich, Stephanie Panzer, Estelle Hower-Tilmann, Sandra Lösch (2008):**

Paleopathological-Radiological Evidence for Cerebral Paralysis in an Ancient Egyptian Female Mummy from a 13th Dynasty Tomb. Pharmacy and Medicine in Ancient Egypt conference, 1st-3rd of September 2008, Manchester, United Kingdom

**Sandra Lösch, Stephanie Panzer, Albert R. Zink, Andreas G. Nerlich (2008):**

Cerebral paralysis in an ancient Egyptian female mummy from a 13th dynasty tomb - Paleopathological and radiological investigations. Behinderung in der antiken Welt, 1-4th of October, Salzburg, Austria

**Andreas G. Nerlich, Albert R. Zink, Sandra Lösch (2008):**

Mutilating infectious diseases in distinct ancient Egyptian populations and their consequences on the daily life. Behinderung in der antiken Welt, 1-4th of October, Salzburg, Austria

**Andreas G. Nerlich, Stephanie Panzer, Sandra Lösch (2008):**

Paleopathological evidence for congenital skeletal malformations in a mediaeval to modern ossuary (14th-18th century) from South Bavaria. Behinderung in der antiken Welt, 1-4th of October, Salzburg, Austria

**Andreas G. Nerlich, Sandra Lösch, Albert R. Zink, Peter Freisinger (2008):**

Dwarfs in Ancient Egypt – Iconographic and paleopathological evidence of skeletal malformation and their consequences. Behinderung in der antiken Welt, 1-4th of October, Salzburg, Austria



**Andreas G. Nerlich, Bettina Schraut, Albert Zink, Sandra Lösch, Sabine Dittrich, Thomas Jelinek (2008):**

Molecular analysis of Plasmodium falciparum in Ancient Egypt. 9th international Conference on ancient DNA, 19-22nd of October 2008, Pompeii, Italy

**Poster:**

**Nadja Strott, Sandra Lösch, Gisela Grupe (2005):**

Anthropological examination of graveyards in medieval Bavaria (Unterigling (8.-9. ct.), Zeholfing (10.-13. ct.) and Petersberg (10.-15. ct.)) and their comparison.  
6. Kongress der Gesellschaft für Anthropologie e.V., 13.-16. September 2005, München

**Sandra Lösch, Andreas Nerlich, Estelle Hower-Tilmann, Albert Zink (2008):**

A case of homicide in the coptic monastery of Deir el-Bachit in Thebes-West, Egypt. 17th European Meeting of the Paleopathology Association, 25-27th of August 2008, Copenhagen, Denmark

**Andreas Nerlich, Beatrice Bachmeier, Sandra Lösch (2008):**

Paleopathological Identification of Malignant Tumors in an Ancient Egyptian Population. 17th European Meeting of the Paleopathology Association, 25-27th of August 2008, Copenhagen, Denmark

### **13. Erklärung**

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Dissertation „Paläopathologisch-anthropologische und molekulare Untersuchungen an mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Bevölkerungsgruppen. Ernährung und Gesundheitszustand süd- und nordbayerischer Bevölkerungstichproben“ selbständig verfasst und dabei keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben.

München, den 03.11.2008

Sandra Lösch

## 14. Curriculum Vitae

### Persönliche Daten

Name, Vorname	Lösch, Sandra
Geburtsdatum	22. Mai 1978 in Erlangen
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	ledig

### Schulische Ausbildung

1984 - 1988	Grundschule Hannberg (Landkreis Erlangen-Höchstadt)
1988 - 1997	Gymnasium Herzogenaurach, Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

### Hochschulstudium

1997 - 2003	Studium des Faches Biologie (Diplom) an der Ludwig-Maximilians-Universität München
Hauptfach	Anthropologie und Humangenetik
Nebenfächer	Zoologie, systematische Botanik, Ökologie
April 2003	Verleihung des Grades „Diplom-Biologin“ (Gesamtnote 1,2)

### Berufliche Tätigkeit

Sept. 2002 – Feb. 2003	studentische Hilfskraft im Department Biologie I/ Anthropologie der LMU bei Prof. Dr. Gisela Grupe
März 2003 – Okt. 2006	wissenschaftliche Hilfskraft des GeoBio-Centers der LMU bei Dr. Ulrich Struck und Dr. Christoph Mayr
Nov. 2003 – Nov. 2005	Stipendiatin nach dem Gesetz zur Förderung des wissenschaftlichen und künstlerischen Nachwuchses
seit Juli 2006	wissenschaftliche Mitarbeiterin eines interdisziplinären, paläopathologisch-forensischen Projektes. Institut für Rechtsmedizin München (Leitung: Prof. Dr. W. Eisenmenger) in Zusammenarbeit mit der Abteilung Paläopathologie des Klinikums Bogenhausen (Leitung: Prof. Dr. Andreas Nerlich) und des Deutschen Archäologischen Instituts (Leitung: Prof. Dr. Günter Dreyer)

**Grabungstätigkeit**

- 2000 – 2004 studentische und wissenschaftliche Hilfskraft bei Ausgrabungskampagnen auf dem Petersberg (Leitung: Prof. Dr. Max Martin und Dr. Thomas Meier), Bayern, Deutschland
- März 2007 anthropologische Bearbeitung von Skelettmaterial bei Ausgrabungen in Luxor (Leitung: Dr. Ina Eichner und PD Dr. Daniel Polz) und Abydos (Leitung: Prof. Dr. Günter Dreyer), Ägypten
- März 2008 – April 2008 anthropologische Bearbeitung von Skelettmaterial bei Ausgrabungen in Dahschur (Leitung: Dr. Nicole Alexanian und Prof. Dr. Stephan Seidlmayer), Luxor (Leitung: Dr. Ina Eichner und PD Dr. Daniel Polz) und Buto (Leitung: Dr. Uli Hartung), Ägypten

**Weitere Kenntnisse**

- Sprachen Englisch (fließend), Französisch und Spanisch (Grundkenntnisse)
- EDV MS Betriebssysteme, MS Office-Programme, Adobe Programme
- Hobbys Reisen, Tauchen, Literatur, Filme